

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра металлургии, сварочного производства и методики  
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой МСП

\_\_\_\_\_ Б.Н. Гузанов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016г.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ КОРОБЧАТОЙ БАЛКИ**

Пояснительная записка к дипломному проекту  
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиля Машиностроение и материалобработка  
профилизации Технологии и технологический менеджмент  
в сварочном производстве

Идентификационный код ВКР:

Исполнитель:

студент группы СМ-402

Меркурьев Ю.Д.

Руководитель:

доцент, к.т.н.

Ульяшин Н.И.

Екатеринбург  
2016

## Реферат

Дипломный проект содержит 98 страницы машинописного текста, 6 рисунков, 14 таблиц, 6 использованных источников литературы, 1 приложение, 1 чертеж формата А1, 2 чертежа формата А3 и 3 плаката формата А1.

Ключевые слова: РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ КОРОБЧАТОЙ БАЛКИ, РЕЖИМЫ СВАРКИ, СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, СЕБЕСТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ, АНАЛИЗ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК, ПЕРЕПОДГОТОВКА РАБОЧИХ, ПЛАН-КОНСПЕКТ, УЧЕБНЫЙ ПЛАН.

В дипломном проекте рассмотрено краткое описание конструкции и условий ее эксплуатации. Приведена характеристика материала изделия с учетом свариваемости и физико-механических свойств. Разработана технология и подобрано оборудование для сборки и механизированной сварки в среде защитного газа коробчатой балки. Выполнен сравнительный анализ технико-экономических показателей базовой и проектируемой технологии сварки коробчатой балки. Разработана программа переподготовки “Электросварщиков ручной сварки” 4-го разряда на “Электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах” 5-го разряда. Разработан учебный план переподготовки, тематический план и план - конспект урока по теме “Оборудование для механизированной сварки в среде защитных газов”.

					<b>ДП44.03.04.172ПЗ</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Выполнил	Меркурьев						Лист	Л
Провер.	Ульяшин						2	75
					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b> ВГПУ гр. СМ		Лист	
Н. Контр.	Билалов						2	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	Ошибка! Закладка не определена.
1 Характеристика изделия .....	Ошибка! Закладка не определена.
1.1 Назначение и условия работы конструкции	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Характеристика материала изделия...	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Особенность сварки низколегированной стали Ст3	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Свариваемость стали .....	Ошибка! Закладка не определена.
1.4.1 Общие сведения о свариваемости ..	Ошибка! Закладка не определена.
1.4.2 Горячие и холодные трещины.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.4.3 Расчёт на склонность к образованию холодных трещин .....	Ошибка! Закладка не определена.
2 Выбор способа сварки.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Ручная дуговая сварка.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Сварка под флюсом .....	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Сварка в защитных газах .....	Ошибка! Закладка не определена.
3 Описание и выбор сварочных материалов	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Выбор электродов для сборки.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Выбор сварочной проволоки и флюса .....	33
3.3 Расчет режимов автоматической сварки в среде защитного газа .....	34
3.4 Расчет режимов ручной дуговой сварки .....	37
4 Технология сборки и сварки коробчатой балки	Ошибка! Закладка не определена.

4.1 Оборудование для сборки-сварки коробчатой балки	Ошибка! Закладка не определена.
4.2 Контроль качества сварных соединений	Ошибка! Закладка не определена.
5 Экономический раздел.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.1.2 Расчет количества оборудования и его загрузки.....	59
5.1.3 Расчет капитальных вложений.....	60
5.2 Определение себестоимости изготовления металлоконструкций .....	62
5.2.1 Расчет технологической себестоимости металлоконструкции	Ошибка! Закладка не определена.
5.2.2 Расчет полной себестоимости изделия.....	72
5.3 Расчет основных показателей сравнительной эффективности .....	77
6 Методический раздел.....	84
6.1 Анализ квалификационных характеристик по профессии “Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах” .....	Ошибка! Закладка не определена.
6.2 Разработка учебного плана программы переподготовки рабочих .....	87
6.3 Разработка учебной программы предмета «Оборудование для механизированной сварки в среде защитных газов» .....	88
6.4 Разработка плана - конспекта урока .....	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	97

## ВВЕДЕНИЕ

Сварка используется в таких отраслях производства как строительство, металлургия, машиностроение, а так же медицине. Во всех отраслях машиностроения широко применяют высокопроизводительные и экономически эффективные технологические процессы сварки, наплавки, пайки, термической резки. В настоящее время уровень сварки позволяет соединять конструктивные материалы от десятков микрометров до нескольких метров.

Большие перспективы в развитии сварочного производства открывает автоматизация и механизация процессов сварки. В решении задач автоматизации необходим комплексный подход к проблеме. Это означает, что подлинный процесс сварочного производства возможен только в том случае, если будет решен весь комплекс задач по автоматизации основных, заготовительных, транспортных и отделочных операций.

При внедрении на сборочно-сварочном участке автоматического и механизированного оборудования, удобных для рабочих приспособлений, увеличивается производительность труда и качество продукции, а также сокращается количество персонала, необходимого для обслуживания.

Для успешного развития сварочного производства необходимо ускорить создание совершенных систем автоматического управления сварочным оборудованием, основанных на применение автоматических и поточных линий высокопроизводительных сварочных машин и оборудования.

Целью дипломного проекта является создание варианта производства и сборки коробчатой балки с более высоким уровнем механизации и автоматизации по сравнению с базовым вариантом изготовления вручную.

Для успешного достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить характеристики материала изделия с учетом свариваемости и физико-механических свойств. Проанализировать условия эксплуатации конструкции.
2. Обосновать выбор способа сварки изделия и сварочных материа-

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ЛОВ;

3. Разработать технологию сборки и сварки указанного изделия;
4. Выбрать соответствующее механическое и сварочное оборудование для разработанного варианта технологии;
5. Провести экономический расчет;
6. Разработать программу переподготовки электросварщиков спроектировать или подобрать стандартное оборудование, позволяющее механизировать сборку указанного изделия;

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 Описание конструкции

## 1.1 Назначение и условия работы конструкции

Коробчатая балка - двустенная балка с замкнутым одноконтурным поперечным сечением.

Применение находит себя в строительстве зданий с металлическим каркасом фахверкового типа.

Основные параметры, характеристики и элементы коробчатой балки:

Длина уголков – 3000 мм

Материал – Сталь ВСт3сп

Толщина уголка – 8 мм

Высота уголка – 400 мм

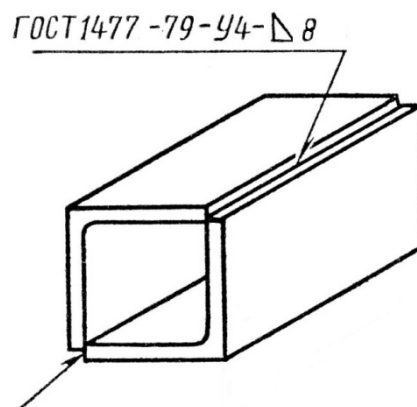


Рисунок 1 – Коробчатая балка

					ДП 44.03.04.172 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Таблица 1.1 - Обозначение сварных швов

№	ГОСТ	Способ сварки	Шов	Примечание
1	14771 - 79	ИП	У4	
2				

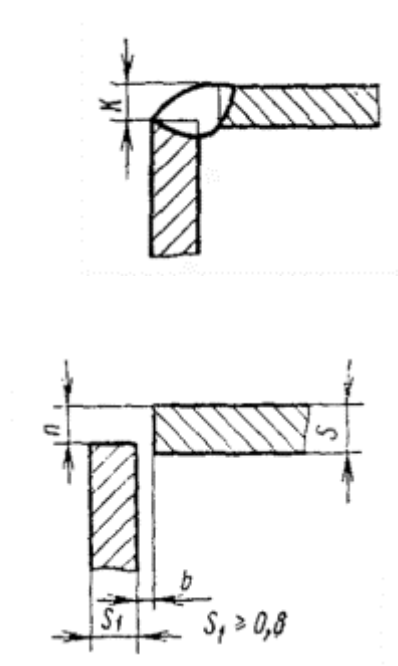


Рисунок 2– Сварное соединение по ГОСТ14771-79-У4



## 1.2 Характеристика материала изделия

Согласно заданию, для изготовления коробчатой балки применяется сталь Ст 3.

Конструкционную углеродистую стальобыкновенного качества Ст3 применяют для изготовления несущих и ненесущих элементов для сварных и несварных конструкций, а также деталей, работающих при положительных температурах. Листовой и фасонный прокат 5 категории (до 10мм) - для несущих элементов сварных конструкций предназначенных для эксплуатации в диапазоне от —40 до +425 °С при переменных нагрузках.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 1.2- Общая характеристика стали 3

Марка :	Ст3
Заменитель:	ВСт3сп
Классификация :	Сталь конструкционная углеродистая
Дополнение:	
Применение:	Несущие элементы сварных и не сварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах

Таблица 1.3 - Химический состав в % сталиСт3

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.14 - 0.22	0.15 – 0.3	0.4 – 0.65	до 0.3	до 0.05	до 0.04	до 0.3	до 0.3

Таблица 1.4 - Механические свойства при T=20°C

Сортамент	Размер	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Термообработка
Сталь Горячекатаная	20-40	380-490		25		

Расшифровка обозначений для таблицы 1.4:

- $\sigma_B$ —Предел кратковременной прочности, МПа
- $\sigma_T$ —Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), МПа
- $\delta_5$ —Относительное удлинение при разрыве, %
- $\psi$  – Относительное сужение, %

### 1.3 Особенность сварки низкоуглеродистой стали Ст3

Под малоуглеродистыми сталями обычно понимают стали, содержащие не более 0,25% углерода, 0,9% марганца 0,4% кремния и незначительное количество других элементов. К этой группе можно отнести некоторые марки мартеновских и бессемеровских сталей обыкновенного качества, часть углеродистых качественных сталей, а также некоторые специальные марки стали. В настоящее время в промышленности применяются автоматическая и полуавтоматическая сварка в углекислом газе малоуглеродистых мартеновских сталей. Из этих сталей наибольшее применение при изготовлении сварных конструкций находит кипящая и спокойная сталь обыкновенного качества марки сталь Ст3кп и сталь Ст3сп.

Сварка малоуглеродистых сталей в углекислом газе характеризуется сравнительно небольшим разбрызгиванием электродного металла и более интенсивным мелкокапельным разбрызгиванием металла сварочной ванны.

При правильно выбранных параметрах режима и техники сварки практически весь расплавленный металл электрода попадает в сварочную ванну (за исключением его угара). Мелкие капли металла, вылетающие из сварочной ванны, засоряют сопло горелки, но не привариваются к поверхности шва и свариваемых деталей и поэтому легко удаляются металлической щеткой.

## 1.4 Свариваемость стали

### 1.4.1 Общие сведения о свариваемости

Под свариваемостью понимается способность стали данного химического состава давать при сварке тем или иным способом высококачественное сварное соединение без трещин, пор и прочих дефектов. Свариваемость металла зависит от химических и физических свойств, кристаллической решетки, степени легирования, наличия примесей и других факторов.

Основными показателями (критериями) свариваемости металлов и их сплавов являются:

- окисляемость металла при сварочном нагреве; чувствительность металла к тепловому воздействию сварки;
- сопротивляемость к образованию горячих трещин;
- сопротивляемость к образованию холодных трещин;
- чувствительность к образованию пор; соответствие свойств сварного соединения заданным эксплуатационным требованиям, к которым относятся: прочность, пластичность, выносливость, ползучесть, вязкость, жаростойкость и жаропрочность, коррозионная стойкость и др;

Наибольшее влияние на свариваемость сталей оказывает углерод. С увеличением содержания углерода, а также ряда других легирующих элементов свариваемость сталей ухудшается

Влияние основных легирующих примесей на свариваемость сталей:

Влияние углерода на свариваемость стали

Углерод является наиболее распространённым и важным компонентом в составе углеродистых и других сталях. Углерод, во многом, определяет свойства стали при её обработке и сварке, и, во многом, определяет группу свариваемости стали. Сварка низкоуглеродистых сталей, с содержанием углерода до 0,25% происходит без ограничений. Среднеуглеродистые стали, с содержанием углерода свыше 0,25% и до 0,35% свариваются удовлетворительно. Стали, содержащие в своём составе углерода более 0,35%, сварива-

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ются ограничено, а высокоуглеродистые стали с содержанием углерода более 0,45% относятся к трудно свариваемой группе сталей.

#### Влияние серы на свариваемость сталей

Сера является вредной примесью в стали и содержание её в составе стали не допускается более, чем 0,05%. Сера, вступая во взаимодействие с железом, образует сернистое железо которое имеет температуру плавления более низкую, чем у стали, и является трудно растворимым в расплавленной стали.

В процессе кристаллизации стали, сернистое железо кристаллизуется между кристаллами металла сварного шва. Это приводит к возникновению горячих трещин.

#### Влияние фосфора на свариваемость сталей

Фосфор, также как и сера, является вредной примесью в составе сталей и его содержание не допускается более, чем 0,05%. Фосфор, соединяясь с железом, образует фосфористое железо, которое обладает высокой хрупкостью и придаёт стали хладноломкость.

#### Влияние кремния на свариваемость

Обычно, содержание кремния в стали составляет от 0,01% до 0,3%. При таком содержании заметного влияния на свариваемость стали легирование кремнием не оказывает.

Если содержание кремния в составе стали повышенное и составляет 0,8-1,5%, то процесс варки затрудняется, т.к. кремний повышает жидко текучесть стали и, взаимодействуя с металлом, образует тугоплавкие химические соединения.

#### Влияние марганца на свариваемость сталей

Обычно, содержание марганца в стали колеблется в пределах 0,3-0,8%. Считается, что при содержании до 1,5-2% марганец не оказывает существенного влияния на свариваемость. При повышенном содержании марганца (свыше 2%), механические свойства стали (прочность, твёрдость, склонность к закалке) возрастают, а это приводит к риску образования холодных трещин при сварке. При сварке сталей, с высоким содержанием марганца (более

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

11%), происходит его выгорание. В этом случае необходимо восполнять марганец через электродное покрытие, флюсы или другими способами.

#### Влияние хрома на свариваемость

Содержание хрома в составе сталей обычно находится в пределах до 0,3%. При содержании хрома в стали менее 1% сильного влияния на свариваемость он не оказывает. Однако, при повышенном содержании хрома он снижает свариваемость стали из-за образования тугоплавких оксидов  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Кроме того, в зоне термического влияния резко повышается твердость из-за образования карбидов хрома  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ . Также хром способствует появлению закалочных структур.

#### Влияние никеля на свариваемость

Обычно, содержание никеля в составе стали не превышает 0,3%, однако, в легированных сталях его содержание может достигать 35%. Никель способствует измельчению зёрен металла, улучшает пластичность стали и её прочность и оказывает положительное влияние на свариваемость, особенно, если в составе стали повышенное содержание хрома. Поэтому, стали, с высоким содержанием хрома, часто легируют никелем.

#### Влияние молибдена на свариваемость

Молибден часто присутствует в составе теплоустойчивых сталей с содержанием 0,15-0,8%. В сталях, которые эксплуатируются в условиях высоких температур и ударных нагрузок, его содержание может достигать 5% и более. Молибден способствует измельчению зёрен металла, повышает прочность и ударную вязкость. Однако, оказывает отрицательное влияние на свариваемость, т.к. способствует образованию трещин в металле сварного шва и в зоне термического влияния. При сварке молибден быстро выгорает, поэтому, необходимы меры, препятствующие его выгоранию в процессе сварки.

#### Влияние ванадия на свариваемость

Содержание ванадия в сталях обычно находится в пределах 0,2-1,5%. Ванадий увеличивает механические свойства стали (прочность, ударную вязкость, упругость) и снижает свариваемость, т.к. является причиной появле-

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

ния закалочных структур в металле сварного шва и в зоне термического влияния.

#### Влияние вольфрама на свариваемость

Вольфрам содержится в сталях в пределах 0,8-18%. Он увеличивает твёрдость, и теплостойкость стали, снижая, при этом, её свариваемость. При сварке вольфрам легко окисляется и выгорает.

#### Влияние титана и ниобия на свариваемость

Титаном и ниобием легируют нержавеющие и жаропрочные стали и их содержание, обычно, находится в пределах 0,5-1%. Титан и ниобий хорошо образуют карбиды, поэтому, препятствуют образованию твёрдых карбидов хрома. При сварке нержавеющих сталей ниобий повышает риск образования горячих трещин. Титан отрицательного влияния на свариваемость не оказывает.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

## 1.4.2 Горячие и холодные трещины

Горячие трещины - это хрупкие межкристаллические разрушения металла шва и около шовной зоны, возникающие в твердожидком состоянии в процессе кристаллизации, а также при высоких температурах в твердом состоянии. Они извилисты, в изломе имеют темный цвет, сильно окислены, распространяются по границам зерен. По современным представлениям горячие трещины вызываются действием двух факторов: наличием жидких прослоек между зернами в процессе кристаллизации и деформациями укорачивания.

В интервале температур плавления и полного затвердевания происходит миграция примесей и загрязнений в межзеренные пространства. Наличие между зернами жидкой фазы, примесей и загрязнений снижает деформационную способность шва и около шовной зоны. Неравномерность линейной и объемной усадок шва и основного металла при охлаждении приводит к возникновению внутренних напряжений, являющихся причиной появления микро- и макроскопических трещин как вдоль, так и поперек шва.

Причинами образования горячих трещин при сварке являются:

- большое количество вредных примесей (особенно серы и фосфора) в металле свариваемых заготовок;
- наличие в металле шва элементов, образующих химические соединения с низкой температурой затвердевания (хром, молибден, ванадий, вольфрам, титан), нарушающие связь между зернами;
- жесткое закрепление свариваемых заготовок или повышенная жесткость сварного узла, затрудняющая перемещение заготовок при остывании.

Холодные трещины - это локальные меж- или транс кристаллические разрушения сварных соединений, образующиеся в металле при остывании до относительно невысоких температур (как правило, ниже 200 °С) или при вылеживании готового изделия. Холодные трещины в шве и переходной зоне расположены под любым углом ко шву - в изломе светлые или со слабыми

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



цветами побежалости и возникают преимущественно при дуговой сварке низколегированной стали большой толщины. Чаще всего трещины возникают в переходной зоне вследствие неправильной техники сварки или неправильно выбранного присадочного материала. Для предупреждения образования холодных трещин применяют:

- прокаливание флюсов и электродов перед сваркой;
- предварительный подогрев свариваемых заготовок до 250-450 °С;
- ведение процесса сварки в режиме с оптимальными параметрами;
- наложение швов в правильной последовательности;
- медленное охлаждение изделия после сварки;
- проведение непосредственно после сварки смягчающего отжига для снятия остаточных напряжений.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

### 1.4.3 Расчёт на склонность к образованию горячих трещин:

Вероятность появления при сварке или наплавке горячих трещин можно определить по показателю Уилкинсона (H.C.S.):

$$H.C.S. = 1000 \cdot C \cdot (S + P + Si/25 + Ni/100) / (3 \cdot Mn + Cr + Mo + V) \quad (1)$$

Для высокопрочных сталей большой толщины необходимо, чтобы  $HCS < 1,6 - 2$ .

Рассчитаем склонность стали Ст3 к образованию горячих трещин по формуле (1):

$$H.C.S. = 1000 \cdot 0,14 \cdot (0,05 + 0,04 + 0,03/25 + 0,3/100) / (3 \cdot 0,4 + 0,3)$$

$$H.C.S._{расч} = 8,54$$

$H.C.S._{расч} > H.C.S._{кр}$ , следовательно сталь Ст3 склонна к образованию горячих трещин.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

## 2 Выбор способа сварки

### 2.1 Ручная дуговая сварка покрытым электродом

Область применения ручной дуговой сварки широка: метод используется во всех отраслях промышленности для различного рода конструкций из черных и частично цветных металлов.

При ручной дуговой сварке покрытыми металлическими электродами, сварочная дуга горит с электрода на изделие, оплавляя кромки свариваемого изделия и расплавляя металл электродного стержня и покрытие электрода. Кристаллизация основного металла и металла электродного стержня образует сварной шов.

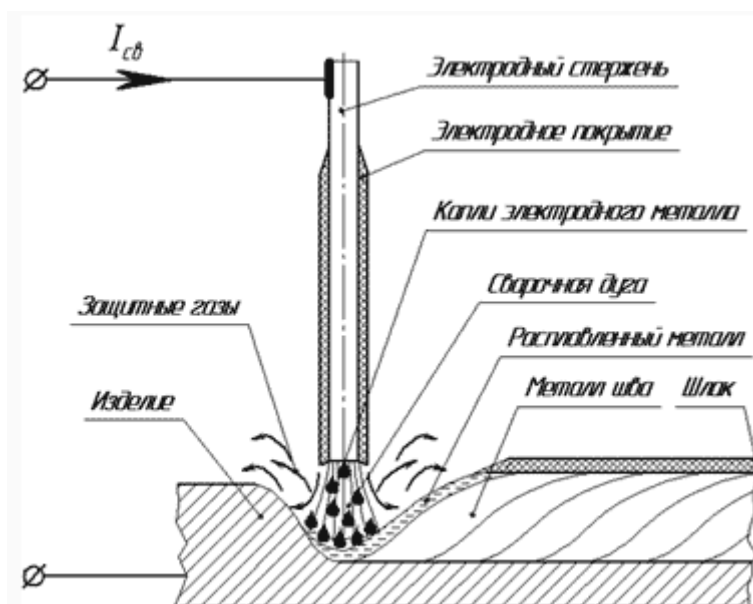


Рисунок 3 – Схема сварки покрытым металлическим электродом

Электрод состоит из электродного стержня и электродного покрытия (см. рисунок 3). Электродный стержень – сварочная проволока; электродное покрытие – многокомпонентная смесь металлов и их оксидов. По функциональным признакам компоненты электродного покрытия разделяют:

- Газообразующие:
  - защитный газ;
  - ионизирующий газ;

- Шлакообразующие:
  - для физической изоляции расплавленного металла от активных газов атмосферного воздуха;
  - раскислители;
  - рафинирующие элементы;
  - легирующие элементы;
- Связующие;
- Пластификаторы;

Перед зажиганием (возбуждением) дуги следует установить необходимую силу сварочного тока, которая зависит от марки электрода, типа сварного соединения, положения шва в пространстве и др.

Зажигание (возбуждение) производится двумя способами. При первом способе электрод подводят перпендикулярно к месту начала сварки и после сравнительно легкого прикосновения к изделию отводят верх на расстояние 25 мм. Второй способ напоминает процесс, зажигая спички. При обрыве дуги повторное зажигание ее осуществляется впереди кратера на основном металле с возвратом к наплавленному металлу для вывода на поверхность загрязнений, скопившихся в кратере. После этого сварку ведут в нужном направлении.

Преимущества электросварки металлическим электродом благодаря высокой температуре дуги (4500-6000° по Цельсию) и концентрированному нагреву заключаются в том, что по сравнению с газовой и атомно-водородной сваркой, она обеспечивает большую скорость, малую зону температурного влияния, малое коробление и возможность управлять механическими свойствами наплавленного металла путем введения в покрытие различных легирующих элементов, которые содержат электроды для сварки.

Недостатки процесса ручной дуговой сварки:

- Отсутствие возможности регулирования глубины проплавления металла и скорости плавления электрода, вследствие чего при сварке тонкого материала возникают большие трудности в получении качественного шва.

- Большой срок, затрачиваемый на подготовку квалифицированных сварщиков (1-2 года).
- Зависимость качества сварки от индивидуальных особенностей сварщика.
- Наличие шлака с обратной стороны шва при односторонней сварке замыкающих швов для некоторых конструкций, в которых внутренняя поверхность покрывается защитными неорганическими покрытиями.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

## 2.2 Сварка под флюсом

Сущность процесса сварки под флюсом определяет его особенности по сравнению с ручной дуговой сваркой.

Производительность по сравнению с ручной сваркой увеличивается в 5-12 раз. При сварке под флюсом ток по электродной проволоке проходит только в ее вылете (место от токоподвода до дуги). Поэтому можно использовать повышенные (25-100 А/мм<sup>2</sup>) по сравнению с ручной дуговой сваркой (10-20 А/мм<sup>2</sup>) плотности сварочного тока без опасения значительного перегрева электрода в вылете и отслаивания обмазки, как в покрытом электроде.

Использование больших сварочных токов резко повышает глубину проплавления основного металла и появляется возможность сварки металла повышенной толщины без разделки кромок.

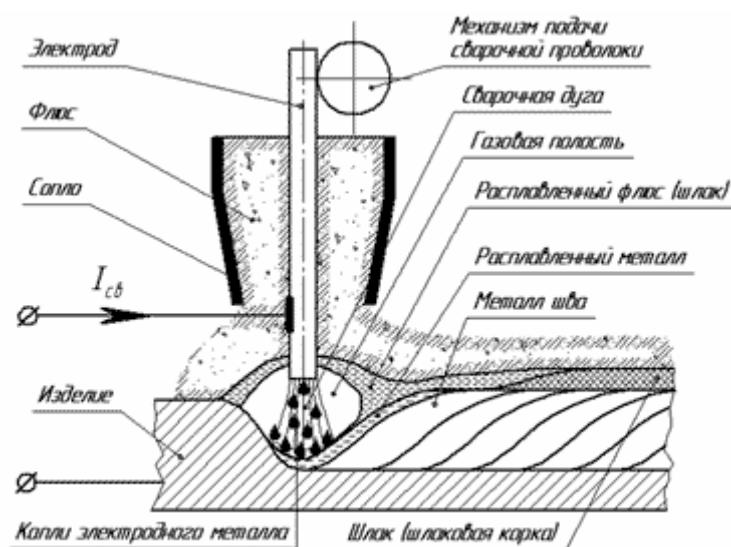


Рисунок 4 - Схема сварки под флюсом

При сварке под флюсом (см. рисунок 4) дуга горит между сварочной проволокой и свариваемым изделием под слоем гранулированного флюса. Ролики специального механизма подают электродную проволоку в зону дуги. Сварочный ток (переменный или постоянный, прямой или обратной полярности) подводится к проволоке с помощью скользящего контакта, а к изделию - постоянным контактом. Сварочная дуга горит в газовом пузыре, кото-

рый образуется в результате плавления флюса и металла. Кроме того, расплавленный металл защищен от внешней среды слоем расплавленного флюса. По мере удаления дуги от зоны сварки расплавленный флюс застывает и образует шлаковую корку, которая впоследствии легко отделяется от поверхности шва.

Автоматическую сварку под флюсом выполняют электродной проволокой диаметром 2 - 6 мм. Равнопрочность соединения достигается подбором флюсов и сварочных проволок и выбором режимов и техники сварки. При сварке низкоуглеродистых сталей и большинстве случаев применяют флюсы АН-348-А и ОСЦ-45 и низкоуглеродистые электродные проволоки Св-08 и Св-08А. При сварке ответственных конструкций, а также металла с большим количеством ржавчины рекомендуется использовать электродную проволоку Св-08ГА. Использование указанных материалов позволяет получить металл шва с механическими свойствами, равными или превышающими механические свойства основного металла. При сварке низколегированных сталей используют те же флюсы и электродные проволоки Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2 и др. Легирование металла шва марганцем из проволоки кремнием при проваре основного металла, при подборе соответствующего термического цикла (погонной энергии) позволяет получить металл шва с требуемыми механическими свойствами. Использование указанных материалов достигается высокая стойкость металла швов против образования пор и кристаллизационных трещин. При сварке без разделки кромок увеличение доли основного металла шва и поэтому некоторое повышение в нем углерода может прочностные свойства и понизить пластические свойства металла шва.

При сварке низколегированных термоупрочненных для предупреждения шва в зоне термического влияния следует использовать режимы с малой погонной энергией, а при сварке не термоупрочненных с повышенной погонной энергией. Для обеспечения пластических свойств металла шва и околошовной зоны на уровне свойств основного металла во втором случае следует выбирать режимы, обеспечивающие получение швов повышенного се-

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

чения, применять двухдуговую сварку или производить предварительный подогрев металла до 150-200 °С.

К преимуществам данного способа сварки можно отнести:

1. Высокая производительность, превышающая производительность ручной дуговой сварки в 5-10 раз. Достигается она за счёт использования сварочного тока значительной силы, и, как следствие этого, за счёт глубокого проплавления свариваемого металла. А также за счёт того, что отсутствуют угар и разбрызгивание металла, а, следовательно, исключаются потери металла. Кроме этого, высокая производительность обеспечивается вследствие автоматизации процесса сварки металла.

2. Применение флюса повышает качество сварки за счёт того, что образует защитную плёнку вокруг зоны сварки и препятствует проникновению в неё окружающего воздуха. Кроме того, флюс, на поверхности расплавленного металла обладает низкой теплопроводностью и препятствует быстрому остыванию жидкого металла. Вследствие этого газы и неметаллические включения успевают всплыть на поверхность сварочной ванны и выйти из неё до того, как металл кристаллизуется.

3. Процесс автоматической сварки под флюсом полностью механизирован, что позволяет уменьшить до минимума трудоёмкий и дорогостоящий ручной труд и снизить квалификацию сварщика. А технология ручной дуговой сварки подразумевает ручной труд и для выполнения этих работ требуется сварщик более высокой квалификации.

4. Электрическая дуга при автоматизированной сварке получается более стабильной, т.к. находится под защитным слоем сварочного флюса.

5. При автоматической сварке потери электродного металла не превышают 2-5%, так как угар металла и его разбрызгивание практически отсутствуют. Для сравнения, при ручной сварке потери металла из-за его угара и разбрызгивания достигают 20%, а в некоторых случаях 30%.

6. При автоматической сварке коэффициент использования теплоты от электрической дуги более высокий, чем при ручной сварке. Это позволяет существенно экономить электроэнергию. Экономия может достигать 40%.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



7. Улучшенные условия работы сварщика. Зона сварки закрыта непроницаемыми слоями флюса и шлака, которые исключают проникновение окружающего воздуха в зону сварки. Но также эти слои препятствуют выделению вредных газов и пыли из сварочной зоны в воздух. Поэтому, для удаления газов достаточно наличия естественной вытяжной вентиляции на рабочем месте сварщика.

8. Из-за того, что дуга находится под флюсом, она не видна оператору, следовательно, исключено её воздействие на глаза, поэтому, не требуется специальной маски или очков для защиты глаз.

К недостаткам такого вида сварки можно отнести возможность сварки швов только в нижнем положении, или при небольших наклонах сварных кромок, на угол не более  $15^\circ$ . Также затруднено применение автоматической сварки в монтажных условиях. Эти недостатки обусловлены недостаточной маневренностью сварочных автоматов из-за их конструктивных особенностей. Но со временем, по мере развития сварочной техники и технологии подобный недостаток будет устранён.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

## 2.3 Сварка в защитных газах

Сварка в защитных газах — один из распространенных способов сварки плавлением. По сравнению с другими способами он имеет ряд преимуществ, из которых главные: возможность визуального, в том числе и дистанционного, наблюдения за процессом сварки; широкий диапазон рабочих параметров режима сварки в любых пространственных положениях; возможность механизации и автоматизации процесса, в том числе с применением робототехники; высокоэффективная защита расплавленного металла; возможность сварки металлов разной толщины в пределах от десятых долей до десятков миллиметров.

Сварка в защитных газах (СЗГ) — общее название разновидностей дуговой сварки, осуществляемой с вдуванием через сопло горелки в зону дуги струи защитного газа. В качестве защитных применяют: инертные (Ar, He), активные (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>).

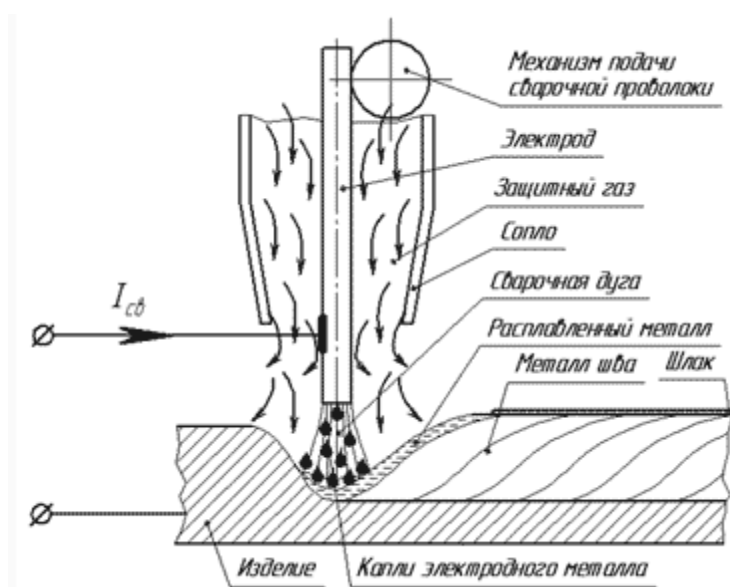


Рисунок 5 - Схема сварки в защитных газах

При сварке плавящимся электродом в защитном газе (рисунок 5) в зону дуги, горящей между плавящимся электродом (сварочной проволокой) и изделием через сопло подаётся защитный газ, защищающий металл сварочной ванны. капли электродного металла и закристаллизовавшийся металл от воз-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

**ДП 44.03.04.172 ПЗ**

Лист

26

действия активных газов атмосферы. Теплотой дуги расплавляются кромки свариваемого изделия и электродная (сварочная) проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует сварной шов.

При сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей для защиты расплавленного электродного металла и металла сварочной ванны чаще всего применяют углекислый газ и смеси аргона с углекислым газом до 30 %. Аргон и гелий в качестве защитных газов применяют только при сварке конструкций ответственного назначения. Сварку в защитных газах выполняют плавящимся и неплавящимся металлическим электродом.

В некоторых случаях для сварки используют неплавящийся угольный или графитовый электрод. Этот способ применяют при сварке бортовых соединений из низкоуглеродистых сталей толщиной 0,3-2,0 мм (например, канистр, корпусов конденсаторов и т. д.). Так как сварку выполняют без присадки, содержание кремния и марганца в металле шва невелико. В результате прочность соединения составляет 50-70% прочности основного металла.

При автоматической и полуавтоматической сварке плавящимся электродом швов, расположенных в различных пространственных положениях, используют электродную проволоку диаметром до 1,2 мм, а при сварке швов, расположенных в нижнем положении - проволоку диаметром 0,8-1,6 мм.

Структура и свойства металла швов и околошовной зоны на низкоуглеродистых и низколегированных сталях зависят от использованной электродной проволоки, состава и свойств основного металла и режима сварки (термического цикла сварки, доли участия основного металла в формировании шва и формы шва). Влияние этих условий и технологические рекомендации примерно такие же, как и при ручной дуговой сварке и сварке под флюсом.

На свойства металла шва влияет качество углекислого газа. При повышенном содержании азота и водорода, а также влаги в газе в швах могут образовываться поры. При сварке в углекислом газе влияние ржавчины незначительно. Увеличение напряжения дуги, повышая, угар легирующих элементов, ухудшает механические свойства шва.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в аргоне применяется редко, так как эти стали хорошо свариваются под флюсом и в углекислом газе, и лишь в исключительных случаях, когда требуется получение швов высокого качества, используется инертный газ.

При применении чистого аргона для сварки конструкционных сталей соединения характеризуются недостаточной стабильностью и неудовлетворительным формированием шва. Добавка к аргону небольшого количества кислорода или углекислого газа существенно повышает устойчивость горения дуги и улучшает формирование шва. Растворяясь в жидком металле и скапливаясь преимущественно на поверхности, кислород значительно снижает его поверхностное натяжение. Поэтому для сварки сталей применяют не чистый аргон, а смеси с кислородом или углекислым газом.

Высокие технологические свойства при сварке сталей обеспечиваются при добавке к аргону до 1-5 % кислорода. При применении кислорода понижается критический ток, при котором капельный перенос переходит в струйный; дуга горит стабильно, обеспечивая сварку небольших толщин. Кислород способствует увеличению плотности металла шва, улучшению сплавления, уменьшению подрезов и увеличению производительности процесса сварки. Кислород снижает содержание углерода в металле шва до более низкого уровня. Избыток кислорода в защитном газе приводит к образованию пор в металле шва.

Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей может также применяться аргон с добавкой 10- 20 % углекислого газа. Углекислый газ способствует устранению пористости в швах и улучшению формирования шва.

Широкий диапазон применяемых защитных газов обуславливает большое распространение этого способа как в отношении свариваемых металлов, так и их толщин (от 0,1 мм до десятков миллиметров).

Основными преимуществами рассматриваемого способа сварки являются следующие:

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

- высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и их сплавах разной толщины, особенно при сварке в инертных газах из-за малого угара легирующих элементов;
- возможность сварки в различных пространственных положениях;
- отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака;
- возможность наблюдения за образованием шва, что особенно важно при механизированной сварке;
- высокая производительность и легкость механизации и автоматизации процесса;
- низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

К недостаткам способа относятся: необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги; возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха или при забрызгивании сопла; потери металла на разбрызгивание, при котором брызги прочно соединяются с поверхностями шва и изделия; наличие газовой аппаратуры и в некоторых случаях необходимость водяного охлаждения горелок.

Для сварки коробчатой балки с угловыми швами из стали Ст3 принимаем полуавтоматическую сварку в защитном газе, что диктуется технологической целесообразностью и высокопроизводительностью.

Достоинства способа:

- высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и их сплавах разной толщины, особенно при сварке в инертных газах из-за малого угара легирующих элементов;
- возможность сварки в различных пространственных положениях;
- отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака;
- возможность наблюдения за образованием шва, что особенно важно при механизированной сварке;
- высокая производительность и легкость механизации и автоматизации процесса;

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

Для сварки коробчатой балки исходя из толщины свариваемого материала и обеспечения хорошего формирования шва, а так же согласно ТУ на изготовление выбираем следующее сварное соединение для сварки шва: У4 ГОСТ 14771-79.

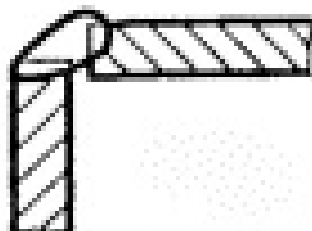


Рисунок 6 - Угловое соединение

Исходные параметры сварного соединения и сварного шва:

Зазор  $b$ , мм.  $b = 1$ ;

Толщина металла  $S$ , мм.  $S = 8$ ;

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

### 3 Описание сварочных материалов

#### 3.1 Выбор электродов для сборки

Прихватки выполняются ручной дуговой сваркой. Для ручной дуговой сварки данной стали применяют электроды типа УОНИ 13/55 со сварочной проволокой Св-08ГС.

*Режимы для сборки изделия:*

Принимаем  $d_э = 4\text{мм}$ .

Для электродов с основным покрытием минимально допустимое значение плотности сварного тока составляет  $j = 13\text{А/мм}^2$  [1].

Расчёт силы сварочного тока:

$$I_{св} = \pi \cdot d_э^2 \cdot j / 4 \quad (3.1)$$
$$I_{св} = 3,14 \cdot 4^2 \cdot 13 / 4 = 163\text{А}$$

Примем  $I_{св} = 160\text{А}$ .

Расчёт сварочного напряжения:

$$U_d = 12 + 0,36 \cdot I_{св} / d_э \quad (3.2)$$
$$U_d = 12 + 0,36 \cdot 160 / 4 = 26\text{ В}$$

Скорость сварки:

$$V_{св} = (\alpha_n \cdot I_{св}) / (p \cdot F_{пр}) \quad (3.3)$$
$$V_{св} = (8,5 \cdot 160) / (7,8 \cdot 0,15) = 11,6\text{ м/ч}$$

Где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/Ач;

$P$  – плотность металла электрода, г/см<sup>3</sup>;

$\alpha_n = 9$  г/Ач;

$P = 7,8$  г/см<sup>3</sup>;

Таблица 3.1- Режимы сварки для прихваток

$d_э$ , мм	$I_{св}$ , А	$U_d$ , В	$V_{св}$ , м/ч
4	160	26	11,6



### 3.2 Выбор сварочной проволоки

Для электрошлаковой сварки углеродистых сталей чаще всего используют сварочные проволоки марок Св-08, Св-08А, Св-08 ГА, Св-08Г2С, Св-10Г2 (ГОСТ 2246-70). Так, при

сварке сталей 15, 15Л, равнопрочные соединения могут быть получены при использовании проволок Св-08 и Св-08А. При сварке низкоуглеродистой стали СтЗ применяют проволоку Св-08ГС.

Проволока стальная сварочная (ГОСТ 2246-70) из сталей с низким содержанием углерода Св-08; Св-08А и легированных Св-08ГС; Св-08Г2С. По виду поверхности проволока производится неомедненной и омедненной. Медное покрытие - 6 мкм.

Таблица 3.2 - Химический состав сварочной проволоки Св-08ГС

С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
0,1	0,6-0,85	1,4-1,7	0,2	0,25	0,025	0,03

### 3.3 Расчет режимов полуавтоматической сварки в среде защитного газа

Выполним расчет для сварного соединения У4 ГОСТ 14771-79.

Определим площадь наплавленного металла  $h_p$  (1)  $F_H$  (2)

$$h_p = 0,7 * S - 0,5 * b, \quad (1)$$

$$h_p = 0,7 * 8 - 0,5 * 1 = 5.1 \text{ мм}$$

$$F_H = F_{\cap} + F_{\Delta} + F_{\blacksquare}, \quad (2)$$

$$F_{\cap} = 0,73 * 12 * 1 = 9 \text{ мм}^2$$

$$F_{\Delta} = \frac{8^2 * 0.72}{2} = 23 \text{ мм}^2$$

$$F_{\blacksquare} = 8 * 1 = 8 \text{ мм}^2$$

$$F_H = 9 + 23 + 8 = 40 \text{ мм}^2$$

Диаметр электродной проволоки рассчитываем по формуле, мм (3)

$$d_{\text{э}} = K_d * F_H, \quad (3)$$

$$d_{\text{э}} = 0.04 \div 0.17 * 23.1 \approx 0.92 \div 3.9$$

Принимаем диаметр электродной проволоки

$$d_{\text{э.п}} = 1.6 \text{ мм.}$$

Сварочный ток  $I_{\text{св}}$  (4)

$$I_{\text{св}} = \frac{h_p}{K_H} * 100 \quad (4)$$

$$I_{\text{св}} = \frac{5.1}{1.8} * 100 = 283 \text{ А}$$

Плотность тока J (5)

$$J = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi \cdot d_3^2}, \quad (5)$$

$$J = \frac{4 \cdot 283}{3,14 \cdot 2,6} = 137$$

Коэффициент наплавки:

$$\alpha_H \sim \alpha_p = 7,0 + 0,0015 \cdot I_{CB} \cdot d^{(-1,350)}, \quad (6)$$

$$\alpha_H = 7 + 0,0015 \cdot 360 \cdot 1,6^{(-1,35)} = 17 \text{ г/А*ч}$$

Скорость сварки  $V_{CB}$  (7)

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{p \cdot F_H}, \quad (7)$$

$$V_{CB} = \frac{283 \cdot 17}{7,8 \cdot 40} = 15,4 \text{ м/ч}$$

Напряжение на дуге  $U_d$  (9)

(9)

$$U_d = 7,5 + 0,05 \cdot 283 = 22 \text{ В}$$

Погонная энергия сварки  $q_n$  (8)

$$q_n = \frac{I_{CB} \cdot U_g \cdot n}{V_{CB}}, \quad (8)$$

$$q_n = \frac{283 \cdot 22 \cdot 0,7}{0,14} = 31130 \text{ Дж/см}$$

Коэффициент провара  $\psi_{пр}$  (9)

(9)

$$\psi_{пр} = K' * (19 - 0.01 * I_{св}) * ((d_э * U_d) / I_{св})$$
$$\psi_{пр} = (19 - 0.01 * 283) * ((1.6 * 22) / 283) = 1.8$$

Глубина проплавления  $h$  (10)

$$h = 0,081 * \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{пр}}} \quad (10)$$
$$h = 0,081 * \sqrt{\frac{31130}{1.8}} = 10.6$$

Скорость подачи электродной проволоки  $V_{пп}$  (11)

$$V_{пп} = \frac{4 * V_{св} * F_H}{\pi * d_э}, \quad (11)$$
$$V_{пп} = \frac{4 * 15.4 * 40}{3.14 * 1.6^2 * 137} = 2.2 \text{ см/с} = 80 \text{ м/ч}$$

Вылет электродной проволоки  $l_э$  (12)

$$l_э = 8 * d_э \pm 2 * d_э, \quad (12)$$
$$l_э = 13 \pm 3 \text{ мм}$$

Расход газовой смеси

(13)

$$q_{зг} = 0.2 * I_{св}^{0.75},$$
$$q_{зг} = 0.2 * 283^{0.75} = 11.8 \text{ л/мин}$$

### 3.4 Расчет режимов ручной дуговой сварки

Глубина проплавления  $h_p: h_p = 6.5$  мм

Диаметр электрода:

$$d_{\text{э}} = (K_d^{\text{шк}} \cdot S)^{0.7} + K_d^{\text{шш}} = h_p^{0.7} + K_d^{\text{шш}}, \text{мм} \quad (14)$$
$$d_{\text{э}} = 6.5^{0.7} + 1 = 4.7 = 5 \text{ мм}$$

Сварочный ток,  $I_c$ :

$$I_c = K_I^{\text{шк}} \cdot K_I^{\text{шш}} \cdot d_{\text{э}}^{1.4} \quad (15)$$

Для корня шва:

$$I_c = 25 \cdot 1 \cdot 5^{1.4} = 170 \text{ А};$$

Для заполняющих швов

$$I_c = 25 \cdot 1 \cdot 5^{1.4} = 238 \text{ А};$$

Напряжение на сварочной дуге для электродов,  $U_c$ :

$$U_c = 12 + 1.7 \frac{I_c}{d_{\text{э}}^2}, \text{В} \quad (16)$$

$$U_c = 12 + 1.7(238/5^2) = 29 \text{ В}$$

$$F_{\text{НК}} = (5 \dots 7) \cdot 5 = 25 \dots 35 \text{ мм}^2;$$

Примем площадь сечения наплавленного металла корневого шва  $30 \text{ мм}^2$

$$F_{H3} = (8...40) \cdot 5 = 40-200 \text{ мм}^2;$$

Примем площадь сечения металла заполняющего шва  $45 \text{ мм}^2$

Скорость сварки  $V_c$ :

$$V_{ci} = \frac{\alpha_H \cdot I_{ci}}{\rho \cdot F_{шв}}, \quad (17)$$

Где  $\alpha_H$  – коэффициент наплавки, г/А · ч (принимают из характеристики выбранного электрода);

$$\alpha_H = 11,5 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$F_{шв}$  – площадь поперечного сечения шва при однопроводной сварке (или одного слоя валика при многослойном шве),  $\text{см}^2$ ;

$\rho$  – плотность металла электрода, г/см<sup>3</sup> (для стали  $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ )

Скорость сварки для корневого шва:

$$V_k = \frac{11,5 \cdot 170}{7,8 \cdot 0,3 \cdot 3600} = 0,23 \text{ см/с} = 8,35 \text{ м/ч}$$

Скорость сварки для заполняющего валика:

$$V_{св} = \frac{11,5 \cdot 238}{7,8 \cdot 3600 \cdot 0,45} = 0,21 \text{ см/с} = 7,79 \text{ м/ч}$$

Сравним трудоемкость автоматизированной сварки с ручной:

$$L_{шв} = 8 \text{ м}; V_{a.c.} = 46,8 \text{ м/ч}; V_{p.c.} = 7,79 \text{ м/ч}$$

$$T_{a.c.} = 8 / 46,8 = 0,17 \text{ ч}$$

$$T_{p.c.} = 8 / 7,79 = 1 \text{ ч}$$

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

## Определение производительности установки

$$П_i = \frac{T_{pi}}{T_{mi}} (18)$$

$$П_i = T_{pi} / T_{mi} = 3,1 / 0.17 = 18$$

В результате расчета видим, что при использовании механизации и автоматизации процесса производства, затрачиваемое на производство коробчатой балки время уменьшается в 18 раз.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

### 3.5 Определение уровня механизации основной сварочной операции

$$Y_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{mi} \cdot \Pi_i)}{\sum_{i=1}^n (T_{mi} \cdot \Pi_i) + T_p} \cdot 100\% \quad (19)$$

$$T_p = 0,3 \cdot T_{mi} = 0,3 \cdot 0,17 = 0,052$$

$$Y_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{mi} \cdot \Pi_i)}{\sum_{i=1}^n (T_{mi} \cdot \Pi_i) + T_p} \cdot 100\%; \quad (20)$$

$$Y_1 = (0,17 \cdot 3) / ((0,17 \cdot 3) + 0,052) \cdot 100 = 91\%$$

$$Y_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{mi} \cdot \Pi_i) - \sum_{i=1}^n T_{mi}}{\sum_{i=1}^n (T_{mi} \cdot \Pi_i) + T_p} \cdot 100\%; \quad (21)$$

$$Y_2 = ((0,17 \cdot 3) - 0,17) / ((0,17 \cdot 3) + 0,052) \cdot 100 = 60\%$$



## 4 Технология сборки и сварки коробчатой балки

Таблица 4- Технология изготовления коробчатой балки

Номер операции	Наименование операции	Содержание операции	Используемое оборудование и режимы
1	2	3	4
1	Транспортировка	Доставка металла со склада на заготовительные участки цеха	Кран-балка опорная Г/ПЗ, Грузоподъемность 3тн; Пролёт крана 18 м; Потребляемая мощность 1,9 – 2,8 кВт
2	Резка	Резка листа на заготовки: пластины 800х4000	УПР серии S-WT
3	Обработка кромок	Механическая обработка кромок на станке	Фаскосниматель с автоматической подачей UZ Triumf. Максимальная ширина фаски 62мм; Ширина фаски до 50 в 5 проходов; Плавная регулировка угла наклона(15°-60°); Толщина металла (7-70)
4	Гибка	Осуществляем загиб пластин под углом 90°	Гидравлический листогибочный пресс HACO ERM 60320 Габариты станка 6500 x 2050 x 3700 мм Рабочая длина 6000 мм Усилие320 тонн Расстояние между стойками5050 мм
5	Сборка	Сборку осуществляем на специализированном стенде	Стол TempusSFX Кондуктор позволяющий, расположить детали удобным образом для сборки.

Окончание таблицы 4

1	2	3	4
6	Сварка	Автоматическая сварка швов в среде защитного газа, с помощью сварочной каретки.	Taurus 401 Synergic S FDW Способ сварки – ИП. $I_{св}=283\text{А}$ , $d_{эп}=1.6\text{мм}$ , $U_{д}=22\text{В}$ , $V_{св}=15.4\text{ м/ч}$ , $V_{пп}=80\text{ м/ч}$ ;  Сварочная каретка KOWELD CS71
7	Очистка детали	Тщательная очистка сварных швов от шлака и брызг	Шлифовальная машинка Metabo. Максимальная частота вращения диска 6600 об/мин; Максимальный Ø диска 350
8	Контроль	Контроль качества заключается в проверке соответствия показателей качества продукции установленным требованиям. 1) внешний осмотр сварных швов на наличие наружных дефектов (подрезов, кратеров и т.д.); а так же нарушений геометрической формы 2) проведение ультразвукового метода контроля на наличие внутренних дефектов	Дефектоскоп УД2-3С

## 4.1 Оборудование для сборки-сварки коробчатой балки

### 1. Кран балка опорная грузоподъёмностью 3,2тн.

Груз крепится на механизм подъема с помощью крепежных систем. В качестве подъемного механизма может быть использована передвижная ручная таль, червячная таль с грузоупорным дисковым тормозом и цепными колёсами на приводном валу, электротали и другие механизмы. Крепежным элементом могут служить крюки, тележки, грузовые электромагниты, грейферы и подобные им системы.

После того, как груз будет надежно закреплен, с помощью действующего подъемного механизма происходит поднятие на необходимую высоту и перемещение в горизонтальной плоскости по рельсовым путям.

### 2. Портальная машина плазменной резки УПР серии S-WT

Технические характеристики:

- Привод двусторонний
- Ширина резки 2500 мм
- Основная рабочая длина 6000 мм
- Скорость перемещения 25000 мм/мин
- Точность позиционирования ЧПУ 0,005 мм

Функции контроллера:

- Библиотека основных форм (26)
- Размещение на контроллере программы CAD/CAM, позволяющей проектирование и изготовление деталей обслуживающим персоналом
- Программная корректировка щели резки - компенсация
- Определение области резки на используемом листе металла  
Возможность установления ориентировочного пункта станка в произвольном месте
- Корректировка программы относительно листового металла  
„adjust”

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

- Графическое изображение позиции горелки
- Автоматическое указание ошибок функционального распорядителя
- Функция проезда станка вперед и назад по контуру элемента
- Быстрый возврат к последнему запомненному пункту программы
- Возможность вращения элемента в программе
- Функция копирования
- Цифровой индикатор положения горелки в оси X и Y

### 3. Фаскосниматель с автоматической подачей UZ Triumph

Фаскосниматель - это кромкорез, предназначенный для механической обработки фрезерованием кромок листового металла и снятия фасок на трубах перед операцией сварки.

Технические характеристики:

- Станок предназначен для снятия фаски с заготовок из углеродистой стали, нержавеющей стали и алюминия
- Толщина материала от 7 до 70 мм
- Минимальный размер материала 200 x 100 x 7 мм
- Максимальный размер материала не ограничен
- Двигатель фрезерной головки мощность 4 кВт/400В/3 фазный/50 Гц
- Скорость реза 182,2 м/мин, фрезерная головка Ø 85мм с 5 сменными твердосплавными пластинами
- Двигатель автоматической подачи 2 двигателя мощностью 120Вт/400В/3фазный/50 Гц, автоматическая регулировка скорости подачи с интервалом 0 - 1,2 м/мин, регулируемая в зависимости от вида материала. Возможность управления машиной с пульта дистанционного управления.
- Масса машины UZ50 Triumph + манипулятор 3D: 175 кг.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

#### 4. Листогибочный станок HACO ERM 60320

ERM разработан как современный гидравлический пресс с системой электрорегулировки контроля глубины хода пуансона – RobosoftSynchro, с набором удобных в пользовании функций ЧПУ, в том числе графическим дисплеем(опция). У гидравлического листогибочного пресса с ЧПУ левый и правый гидравлические цилиндры (ось Y1 и ось Y2) работают независимо друг от друга, параллельность верхней балки столу достигается за счет управления от синхроплат, получающей сигналы с оптических измерительных линеек, соединенных с каждым цилиндром и находящихся на С-образных рамах, а не на самой станине. Это позволяет исключить влияние деформации боковин станины на положение верхней балки. Гарантированная точность до 0,01 мм. В стандартную комплектацию станка включено ЧПУ ATS 585(производитель — фирма Robosoftn.v., Бельгия). Система Synchro позволяет организовать совместную работу двух или нескольких станков для увеличения рабочей длины до 20 м, при этом две машины могут работать независимо или как одна с двойным усилием на всей ширине гибки.Техническая характеристика:

##### HERMS 60320

Рабочая длина 6000 мм

- Усилие 320 тонн
- Расстояние между стойками 5050 мм
- Раскрытие 500 мм
- Ход 250 мм
- Мощность двигателя 22.05.14 кВт
- Габариты станка 6500 x 2050 x 3700 мм
- Масса 33000 кг

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

## 5. Сварочный стол Tempus

3D-системы сварочных столов серии SST-Fix идеально подходят для изготовления сварных и наборных конструкций, например, для ограждений, каркасов и прочих конструкций.

С помощью широкого ассортимента зажимных устройств эти системы столов могут использоваться в качестве гибких монтируемых устройств, что позволяет наладить высококачественное мелко- и среднесерийное производство. Для этого используется конструкция рабочей плиты с толщиной от 25 до 35 мм, снабженная сеткой отверстий диаметром 28 мм. Также плита стола имеет маркировочную сетку 100x100 мм для удобной установки заготовок или приспособлений. С помощью широкого ассортимента зажимных устройств эти системы столов предоставляют невероятную свободу действий. Отверстия в столе позволяют использовать различные зажимные элементы и вспомогательные средства для фиксации.

## 6. Инверторный сварочный аппарат

Инверторный аппарат для стандартной сварки MIG/MAG короткой, смешанной или капельной дугой с использованием аргона, газовых смесей и CO<sub>2</sub>

Сварочный ток до 400 А.

Система управления Basic: MIG/MAG, ручная сварка, строжка канавок

Система управления Synergic: MIG/MAG, EWM-forceArc, rootArc, ВИГ-Liftarc, ручная сварка, строжка канавок

Декомпактный, прочная конструкция, газовое охлаждение

2-тактный, 4-тактный режим, точечная сварка, интервальная сварка, выбор полярности

4-роликовое устройство подачи проволоки

Подключение дистанционного регулятора и управления с горелки

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

## Область применения

- Низкоуглеродистые, низко и высоколегированные стали, алюминиевые сплавы, медь и сплавы на ее основе, специальные сплавы
- Сплошные и порошковые проволоки (0,8-2,4 мм), покрытые электроды: рутиловые, основные
- Производственные и ремонтные работы: химическая и пищевая промышленность, машиностроение и производство промышленных установок, автомобилестроение, вагоностроение, судостроение, производство резервуаров и контейнеров, возведение стальных конструкций, сооружений и т.д.

## Сварочная каретка KOWELD

- Каретка для получения прерывистых и непрерывных сварных швов;
- Специальный двигатель с редуктором обеспечивает постоянную скорость перемещения для обеспечения лучших результатов сварки и качества сварного соединения;
- Ультра-мини и ультра-легкая каретка с постоянными магнитами для крепления на свариваемой поверхности;
- Прерывистые, непрерывные швы, скорость перемещения каретки в см/мин и дюйм/мин задаются в соответствии с руководством пользователя;
- Заполнение кратера в начале и конце сварки;
- Датчик остановки (с обеих сторон каретки).

Технические характеристики:

Каретка	Входящее напряжение	АС 110В-230В, 50/60 Гц
	Габаритные размеры, ШхДхВ	198 x 314 x 281 мм
	Вес	5.6 кг
	Привод	Полный (4 колеса)
	Скорость перемещения	0~98 см/мин
	Электродвигатель перемещения каретки	DC 24В, 12В, 5000 об./мин., BLDC Motor

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

**ДП 44.03.04.172 ПЗ**

Лист

47

Суппорт	Тяговое усилие	20 кг
	Усилие магнитов	32 кг
	Угол наклона горелки	45° ±10°
	Перемещение горелки вперед/назад	0~40 мм
	Угол наклона горелки по оси движения каретки (углом вперед/назад)	±5°
	Тип сварочной горелки	3, 4, 5м, прямой гусак

## 7. Углошлифовальная машинка Metabo WEV 15-125

Технические характеристики:

- Диаметр диска: 125 мм
- Мощность: 1550 Вт
- Число оборотов: 2800-11000 об/мин
- Вес: 2,5 кг

## 8. Ультразвуковой дефектоскоп УД2-3С

Универсальный ультразвуковой дефектоскоп УД2-3С предназначен для контроля продукции на наличие дефектов типа нарушения сплошности и однородности материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и сварных соединений, для измерения глубины и координат залегания дефектов, измерения толщины и скорости распространения ультразвуковых колебаний в материале.

Дефектоскоп сохраняет работоспособность при контроле материалов и изделий со скоростями распространения продольных ультразвуковых волн в диапазоне от 1000 до 9999 м/с. Имеет диапазон измеряемых временных интервалов от 0 до 1000 мкс.

Дефектоскоп УД2-3С реализует теневой, эхо и зеркально-теневой методы УЗ контроля.

Дефектоскоп ориентирован на применение в машиностроении, металлургической промышленности, железнодорожном, авиационном и других видах транспорта, энергетике и других отраслях при монтаже, эксплуатации,



ремонте технологического оборудования и для контроля изделий основного производства.

Технические характеристики:

- Развертка: до 1000 мкс
- Задержка: -0,5 мкс до 996 мкс
- Отсечка: до 80% высоты экрана
- Максимальная длина контролируемого материала: до 3000 мм (эхо-режим)
- Диапазон скоростей: 1000 - 9999 м/с
- Задержка в призме: 0 - 100 мкс
- Шаг задержки в призме: 0,01 мкс
- Демпфирование: 0 Ом, 50 Ом
- Входной импеданс: 50 Ом
- Зондирующий импульс: не менее 150 В, при нагрузке 50 Ом
- Усилитель: широкополосный
- Диапазон регулировки усиления: 110 дБ
- Временная Регулировка Чувствительности (ВРЧ): по 10 опорным точкам
- Детектирование: положительная или отрицательная полуволна, полное, радиосигнал
- Зоны контроля: две независимых зоны, индивидуальная логика определения дефектов.
- Автоматическая Сигнализация Дефектов (АСД): световая для каждой зоны отдельно и звуковая
- Измерение временных интервалов: от 0 до первого сигнала в зоне, между сигналами в зонах, по фронту или по максимуму сигнала
- Измерение амплитуды: в процентах от высоты экрана, в дБ относительно уровня порога в зоне, в дБ относительно опорного сигнала

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

- Дисплей: ЖК или вакуумно-люминисцентный
- Память: 99 настроечных режимов
- Диапазон рабочих температур: от -20 С до +50 С
- Размер (В x Ш x Д): 280 мм x 282 мм x 50 мм

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4.2 Контроль качества сварных соединений

Дефектом называют недопустимые отклонения от требований нормативно-технического документа на конкретное изделие. Вид контроля качества сварных соединений выбирается в зависимости от назначения барабана лебёдки и от требований предъявляемых к ней в соответствии с техническими условиями. Для проверки качества сварки в готовом изделии существуют следующие виды контроля: внешний осмотр и измерение сварных соединений, испытание на плотность, просвечивание рентгеновскими и гамма-лучами, контроль ультразвуком, магнитные методы контроля, металлографические исследования, механические испытания.

Внешний осмотр (ГОСТ 3242-79). Служит для определения наружных дефектов в сварных швах. Производится невооруженным глазом или с помощью лупы 10-кратного увеличения. Перед осмотром сварной шов и прилегающую к нему поверхность металла шириной 20 + 20 мм очищают от шлака, брызг и загрязнений, стыки паропроводов из аустенитных сталей проходят механическую и химическую обработку. Размеры сварного шва и дефектных участков определяют измерительным инструментом и специальными шаблонами. Границы трещин выявляют путем засверливания, подрубки металла зубилом, шлифовки дефектного участка и последующего травления. При нагреве металла до вишнево-красного цвета трещины обнаруживаются в виде темных зигзагообразных линий. В случаях, когда необходима термическая обработка сварных стыков, внешний осмотр и измерения следует производить до и после термообработки.

Просвечивание сварных соединений (ГОСТ 3242-79, ГОСТ 7512-75 и ГОСТ 23055-78). Основано на способности рентгеновских или гамма-лучей; проникать через толщу металла, действуя на чувствительную фотопленку, фотобумагу, или селеновую пластину, приложенную к шву с обратной стороны. В местах, где имеются поры, шлаковые включения или непровар, на пленке (пластине) образуются более темные пятна. Рентгено просвечиванием выявляют дефекты в металле толщиной до 60 мм размером 0,5-3% толщины

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

металла, гамма-просвечиванием - в металле толщиной до 100 мм размером 2-5%. Просвечивание не позволяет выявлять трещины, если они расположены под углом не более 5° к направлению центрального луча, а также непровары в виде слипания свариваемых металлов без газовой или шлаковой прослойки. При обнаружении в шве недопустимых дефектов просвечивают удвоенное количество швов (стыков). Если вновь обнаруживают дефекты, то просвечивают все швы, заваренные данным сварщиком. Выявленные дефекты удаляют, швы пересваривают и вновь просвечивают. При оценке качества швов рекомендуется иметь эталонные снимки для толщин 8-12, 14-20, 30-50 и 60-100 мм с характерными дефектами. Альбомы эталонных снимков утверждаются инспекцией Госгортехнадзора и администрацией и являются неотъемлемой частью технических условий на приемку изделий.

Магнитографический контроль (ГОСТ 3242-79). Основан на обнаружении полей рассеивания, образующихся в местах дефектов при намагничивании контролируемых изделий. Поля рассеивания фиксируются на эластичной магнитной ленте, плотно прижатой к поверхности шва. Запись производят на дефектоскопе или считывают. Выявляют поверхностные и подповерхностные макротрещины, непровары, поры и шлаковые включения глубиной 2-7% на металле толщиной 4-12 мм. Менее четко обнаруживаются поры округлой формы, широкие непровары (2,5-3 мм), поперечные трещины, направление которых совпадает с направлением магнитного потока. В ряде случаев результаты магнитного контроля проверяют просвечиванием. Производительность метода 5-6 м/мин.

Ультразвуковой метод (ГОСТ 3242-79, ГОСТ 22368-77). Основан на различном отражении направленного пучка высокочастотных звуковых колебаний (0,8-2,5 МГц) от металла (сварного шва) и имеющихся в нем дефектов в виде несплошностей. Применяют для контроля сварных швов сталей и цветных металлов. Для получения ультразвуковых волн используют пьезоэлектрические пластинки из кварца или титаната бария, которые вставляют в держатели-щупы. Отраженные колебания улавливают искателем, преобразуют в электрические импульсы, подают на усилитель и воспроизводят индика-

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

тором. Для обеспечения акустического контакта поверхность изделия в месте контроля обильно покрывают маслом (автол марок 6, 8, 18; компрессорное масло и т. д.). Предельная чувствительность при толщине металла до 10 мм 0,2-2,5 мм<sup>2</sup>, свыше 10 до 50 мм 2-7 мм<sup>2</sup>, свыше 50 до 150 мм 3,5-15 мм<sup>2</sup>.

Вскрытие шва (ГОСТ 3242-79). Применяют для определения дефектов в сомнительных местах, после проведения контроля другими методами, а также для контроля угловых швов. Вскрытие производят вырубкой, сверлением, термической строжкой, а также вырезкой участка сварного соединения. При засверливании в сварном шве высверливают воронкообразное углубление диаметром на 2-3 мм больше ширины шва. Поверхность воронки шлифуют и протравливают 15%-ным раствором азотной кислоты. При этом отчетливо выделяются границы шва.

Люминесцентная и цветная дефектоскопия (ГОСТ 3242-79).

В полость дефекта вводят флюоресцирующий раствор или ярко-красную проникающую жидкость, которую затем удаляют с поверхности. Под действием ультрафиолетовых лучей происходит видимое свечение раствора, адсорбированного из полости дефекта. При цветной дефектоскопии дефекты выявляют белой проявляющейся краской (на белом фоне появляется красный рисунок, соответствующий форме дефекта). С помощью этих методов выявляют поверхностные дефекты, главным образом трещины в различных сварных соединениях, в том числе из немагнитных сталей, цветных металлов и сплавов. Для цветной дефектоскопии используют готовые комплекты (ДАК-2Ц).

Гидравлическое испытание (ГОСТ 3242-79, ГОСТ 3285-77).

Налив воды применяют для испытания на прочность и плотность вертикальных резервуаров, газгольдеров и других сосудов с толщиной стенки не более 10 мм. Воду наливают на полную высоту сосуда и выдерживают не менее 2 ч. Поливу из шланга с брандспойтом (диаметр выходного отверстия 15-30 мм) под давлением не ниже 1 атм (0,1 МПа) подвергают сварные швы открытых сосудов. При испытании с дополнительным гидростатическим давлением последнее создают в наполненном водой и закрытом сосуде с помо-

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

щью напорной трубы диаметром не менее 30 мм, а также гидравлическим насосом. Величину давления определяют по техническим условиям и правилам Котлонадзора. При проведении испытаний сварные швы обстукивают молотком массой 0,5-1,5 кг. Дефектные места определяют по наличию капель, струек воды и отпотеваний.

Вакуум-метод (ГОСТ 3242-79, ГОСТ 3285-77).

Сущность метода заключается в создании вакуума и регистрации проникновения воздуха через дефекты на одной, доступной для испытания стороне шва. Применяют для испытания на плотность днищ вертикальных резервуаров и других конструкций. Выявляют сквозные неплотности размером 0,1 мм и более металла толщиной до 16 мм. В качестве пенного индикатора используют мыльный раствор (250 г хозяйственного мыла на 10 л воды), а в зимнее время - водный раствор хлористой соли (кальция или натрия) с концентрированным раствором экстракта лакричного корня (1 кг экстракта на 0,5 л воды).

Для создания вакуума используют плоские, кольцевые и сегментные камеры. Величина вакуума 500-600 мм вод.ст. (5000-6000 Па). Длительность испытания 20 с.

Механические испытания (ГОСТ 6996-66\*).

Данное испытание позволяет определить прочность и пластичность сварных соединений. Образцы сваривают в тех же условиях, что и изделие, или вырезают из него. Испытания на разрыв и загиб (сплющивание для труб диаметром до 100 мм) являются обязательными, на ударную вязкость - только для назначенных изделий. Испытания проводят при проверке квалификации сварщиков, а также для определения пригодности сварочных материалов и выбранной технологии сварки.

Данным проектом предусмотрена ультразвуковая дефектоскопия.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

## 5 Экономический раздел

В пояснительной записке спроектирован технологический процесс сборки и сварки коробчатой балки, изготавливаемого из стали Ст3 с использованием автоматизированной сварки в среде защитного газа.

В базовом варианте операции выполнялись при помощи ручной дуговой сварки. При этом для сборки и сварки использовалось следующее оборудование: пневмоприжим, инверторный сварочный аппарат для ручной дуговой сварки рiсo 350, сварочная коретка, электроды УОНИ 13\55 диаметром 4 мм.

Проектируемая технология предполагает замену ручной дуговой сварки цистерны на автоматическую сварку в среде защитного газа.

### 5.1 Определение капиталобразующих инвестиций

#### 5.1.1 Определение технологических норм времени на сварку коробчатой балки

Общее время на выполнение сварочной операции  $T_{шт.к}$ , ч., состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле:

$$T_{шт.к} = t_{осн} + t_{пз} + t_{в} + t_{обс} + t_{п}, \quad (5.1)$$

где  $T_{шт.к}$  - штучно-калькуляционное время на выполнение сварочной операции, ч.;

$t_{осн}$  - основное время, ч.;

$t_{пз}$  - подготовительно-заключительное время, ч.;

$t_{в}$  - вспомогательное время, ч.;

$t_{обс}$  - время на обслуживание рабочего места, ч.;

$t_{п}$  - время перерывов на отдых и личные надобности, ч.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Основное время ( $t_{\text{осн}}$ , ч.) - это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле:

$$t_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{шв}}}{V_{\text{св}}} \quad (5.2)$$

где  $L_{\text{шв}}$  - сумма длин всех швов, м

$V_{\text{св}}$ - скорость сварки (базовый вариант), м/ч,  $V_{\text{св}} = 7,79$  м/ч.

$V_{\text{св}}$ - скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч,  $V_{\text{св}} = 15.4$  м/ч;

Сумма длин всех швов:

$$L_{\text{шв}} = 6 \text{ м} \quad (5.3)$$

Определяем основное время по формуле (5.2):

$$t_{\text{осн}} = \frac{6}{7,79} = 1 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{\text{осн}} = \frac{6}{46,8} = 0.17 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

Подготовительно-заключительное время ( $t_{\text{пз}}$ ) включает в себя такие операции как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т.д. При его определении общий норматив времени ( $t_{\text{пз}}$ ) делится на количество деталей, выпущенных в смену. Примем:

$$t_{\text{пз}} = 10\% \text{ от } t_{\text{осн}}$$

$$t_{\text{пз}} = 1 * 0,1 = 0,1 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{\text{пз}} = 0.17 * 0,1 = 0,017 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



Вспомогательное время ( $t_{\text{в}}$ ) включает в себя время на смену электродов ( $t_{\text{э}}$ ), осмотр и очистку свариваемых кромок ( $t_{\text{кр}}$ ), очистку швов от шлака и брызг ( $t_{\text{бр}}$ ), клеймение швов ( $t_{\text{кл}}$ ), установку и поворот изделия, его закрепление ( $t_{\text{уст}}$ ):

$$T_{\text{в}} = t_{\text{э}} + t_{\text{кр}} + t_{\text{бр}} + t_{\text{уст}} + t_{\text{кл}} \quad (5.4)$$

Вспомогательное время входит время на смену электродов. Это время можно принять равным:  $t_{\text{э}} = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч}$ .

Время на зачистку швов и кромок ( $t_{\text{кр}}$ ) принимается равным 1 — 1,6 мин на 1 м шва, расположенного в нижнем, вертикальном и горизонтальном положениях

Время на зачистку кромок шва ( $t_{\text{кр}}$ ) вычисляется по формуле:

$$t_{\text{кр}} = L_{\text{шв}} (0,6 + 1,2 \cdot (n_{\text{с}} - 1)) \quad (5.5)$$

где  $n_{\text{с}}$  - количество слоев при сварке за несколько проходов;

$L_{\text{шв}}$  длина шва, м,  $L_{\text{шв}} = 8 \text{ м}$ .

Длину шва, при зачистке кромок, определим по формуле:

$$L_{\text{шв}} = n_{\text{кр}} \cdot N, \text{ м} \quad (5.6)$$

где  $D$  - диаметр изделия

$n_{\text{кр}}$  - количество кромок, подлежащих зачистке. Примем  $n_{\text{кр}} = 4$ , поскольку зачистке подлежат все свариваемые кромки;

$N$  - количество сварных соединений на одно изделие,  $N = 2 \text{ шт}$ .

$$L_{\text{шв}} = 4 \cdot 2 = 8 \text{ м};$$

Расчет времени на зачистку кромок или шва для обоих вариантов по формуле (5.5):

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$t_{кр} = 8 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (2 - 1)) = 15 \text{ мин} = 0,25 \text{ ч}$$

Время на очистку швов от шлака и брызг ( $t_{бр}$ ) принимается равным 1 — 1,6 мин на 1 м шва, расположенного в нижнем, вертикальном и горизонтальном положениях:

$$t_{бр} = 8 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (2 - 1)) = 15 \text{ мин} = 0,25 \text{ ч} \text{ (базовый вариант)}$$

$$t_{бр} = 8 \cdot 0,6 = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч} \text{ (проектируемый вариант)}$$

Время на установку клейма ( $t_{кл}$ ) принимают 0,03 мин. на 1 знак,  $t_{кл} = 0,21 \text{ мин} = 0,0035 \text{ ч}$ .

Время на установку, поворот и снятие изделия ( $t_{уст}$ )

Принимаю  $t_{уст} = 0,14 \text{ ч}$ .

Расчёт вспомогательного время по формуле (5.4):

$$t_b = 0,083 + 0,25 + 0,25 + 0,0035 + 0,14 = 0,73 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_b = 0,083 + 0,083 + 0,0035 + 0,14 = 0,3 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Время на обслуживание рабочего места ( $t_{обс}$ ) включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т.д., принимаем равным:

$$t_{обс} = (0,06 \dots 0,08) \cdot t_{очн} \quad (5.7)$$

$$t_{обс} = (0,06 \dots 0,08) \cdot 1 = 0,08 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{обс} = (0,06 \dots 0,08) \cdot 0,17 = 0,014 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении:

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

$$t_{\Pi} = 0,07 \cdot t_{\text{осн}} \quad (5.8)$$

$$t_{\Pi} = 0,07 \cdot 1 = 0,7 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{\Pi} = 0,07 \cdot 0.17 = 0,12 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

Таким образом, расчет общего времени ( $T_{\text{шт-к}}$ ) на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле (5.1)

$$T_{\text{шт-к}} = 1 + 0,1 + 0,73 + 0,08 + 0,7 = 2.6 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 0.17 + 0,017 + 0.3 + 0,014 + 0,12 = 0.6 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

Определение общей трудоемкости годовой производственной программы ( $T_{\text{произв. пр.}}$ ) сварных конструкций по операциям техпроцесса по формуле (5.9):

$$T_{\text{произв. пр.}} = T_{\text{шт.к}} \cdot N \quad (5.9)$$

где  $N$  — годовая программа, шт; примем  $N = 1000$  шт.

$$T_{\text{произв. пр.}} = 2.61 \cdot 1000 = 2610 \text{ ч. (базовый вариант);}$$

$$T_{\text{произв. пр.}} = 0.6 \cdot 1000 = 600 \text{ ч. (проектный вариант).}$$

### 5.1.2 Расчет количества оборудования и его загрузки

Расчёт количества оборудования по операциям техпроцесса ( $C_p$ ), по формуле (5.10):

$$C_p = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi \partial \cdot K_H} \cdot 100 \quad (5.10)$$

где  $\Phi \partial$  - действительный фонд времени работы оборудования, час. ( $\Phi \partial = 1914$  час.);

$K_H$  - коэффициент выполнения норм ( $K_H = 1,1 \dots 1,2$ ).

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$$C_p = \frac{2610}{1914 \cdot 1,15} \cdot 100 = 1.2; \text{ примем } C_{\pi} = 2 \text{ шт. (базовый вариант);}$$

$$C_p = \frac{600}{1914 \cdot 1,15} \cdot 100 = 0.2; \text{ примем } C_{\pi} = 1 \text{ шт. (проектируемый вариант).}$$

Принятое количество оборудования  $C_{\pi}$  определяем путём округления расчётного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 - 6%. Таким образом, по базовой технологии используются две установки для сварки. По проектируемой технологии достаточно одной установки для полуавтоматической сварки в среде защитного газа. Расчёт коэффициента загрузки оборудования  $K_3$  производится по формуле (5.11):

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{\pi}} \quad (5.11)$$

где  $K_3$  - коэффициент загрузки оборудования;

$C_p$  — количество оборудования по операциям техпроцесса, шт.

$C_{\pi}$  — принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = \frac{1.2}{2} = 0,6 \quad (\text{базовый вариант});$$

$$K_3 = \frac{0.2}{2} = 0,1 \quad (\text{проектируемый вариант}).$$

Коэффициент загрузки оборудования равен 0.1, так как оборудование и техоснастка не используется на других работах этого предприятия.

### 5.1.3 Расчет капитальных вложений

Для проведения расчета балансовой стоимости оборудования необходимо знать цену приобретения выбранного в технологии оборудования. Для этого представляем исходные данные в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 - Исходные данные

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3	4
Годовая производственная программа выпуска	шт.	1000	1000
Кран балка опорная грузоподъемностью 3,2тн	руб./шт.	500000	500000
Баллоны с газом, горелка и редуктор	руб./шт.		20000
Инверторный источник для ручной дуговой сварки Рісо 350	руб./шт.	200000	200000
Сварочная коретка KOWELDCS 71	руб./шт.		250000
Сварочный инверторный аппарат EWM Taurus 401	руб./шт.		300000
Листогибочная машина	руб./шт.	2000000	2000000
Установка плазменной резки	руб./шт.	265000	265000
Сталь Ст3, Ц <sub>км</sub>	руб./тн.	40000	40000
Электроды УОНИ 13\55	руб./кг.	108	108
Проволока сварочная 08гс, Ø1.6 мм	руб./тн.		155000
Тариф на электроэнергию, Ц <sub>эл</sub>	руб./кВт-час.	3,16	3,16
Длина сварного шва	м	8	8

## Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4
Положение шва		нижнее	нижнее
Условия выполнения работы		стационарные	стационарные
Квалификационный разряд электросварщика	разряд	4	5
Тарифная ставка, Т <sub>ст</sub>	руб./час	130	160
Масса конструкции	т	0,5	0,5

Расчёт балансовой стоимости оборудования при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии по формуле (2.11):

$$K_{obj} = C_{obj} \cdot (1 + K_{tz}), \text{ руб.} \quad (5.12)$$

где  $K_{obj}$  - цена приобретения единицы  $j$ -ого оборудования, руб.;

$K_{tz}$  - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, затраты устройство фундамента, монтаж, наладку ( $K_{tz} = 0,12$ ).

$$K_{obj} = 200000 \cdot (1 + 0,12) = 224000 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$K_{obj} = 2815000 \cdot (1 + 0,12) = 3152800 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Определение капитальных вложений в оборудование для выполнения годового объема работ по формуле (5.13):

$$K_{об} = \sum K_{obj} \cdot C_{пj} \cdot K_{зj} \quad (5.13)$$

где  $K_{obj}$  - балансовая стоимость  $j$ -ого оборудования, руб.;

$C_{пj}$  - принятое количество  $j$ -ого оборудования, шт.;

$K_{зj}$  - коэффициент загрузки  $j$ -ого оборудования,  $K_{зj} = 1$ .

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{об} = 224000 \cdot 2 \cdot 1 = 448000 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$K_{об} = 3152800 \cdot 1 \cdot 1 = 3152800 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Рассчитанные данные заносятся в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 - Расчеты капитальных вложений по вариантам

Статьи расчетов	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Оптовая цена единицы оборудования, руб.	200000	2815000
Количество единиц оборудования, шт.	2	1
Балансовая стоимость оборудования (стоимость приобретения с расходами на монтаж и пуско-наладочные работы), руб.	224000	3152800
Суммарные капитальные вложения в технологическое оборудование, руб.	448000	3152800

### 5.2.1 Расчет технологической себестоимости металлоконструкции

Технологическая себестоимость формируется из прямых затрат, связанных с расходом ресурсов при проведении сварочных работ в цехе.

Расчет технологической себестоимости:

$$C_T = M_3 + Z_э + Z_{пр}, \quad (5.14)$$

где  $M_3$  - затраты на все виды материалов, основных, комплектующих и полуфабрикатов;

$Z_э$  - затраты на технологическую электроэнергию (топливо);

$Z_{пр}$  - затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос - 30% от фонда оплаты труда).

#### Расчет материальных затрат

К материальным затратам относятся затраты на сырье, материалы, энергоресурсы на технологические цели.

Материальные затраты ( $M_3$ , руб.) рассчитываются по формуле (5.15):

$$M_3 = C_{о.м} + C_{э\text{н}} + C_{др}. \quad (5.15)$$

где:  $C_{о.м}$  - стоимость основных материалов в расчете на одно металлоизделие, руб.;

$C_{э\text{н}}$  - стоимость электроэнергии при выполнении технологической операции сварки металлоизделия, руб.

$C_{др.}$  - стоимость прочих компонентов в расчете на одно металлоизделие.

Стоимость основных материалов ( $C_{о.м}$ , руб.) с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле (5.16):



$$C_{o.m} = [C_{к.м} + C_{св.пр} + (C_{зг} + C_{св.газ.})] \cdot K_{тр} \quad (5.16)$$

где  $K_{тр}$  - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05... 1,08.

$C_{к.м}$  - стоимость конструкционного материала.

Расчёт стоимости конструкционного материала, которым является сталь Ст3.

$$C_{к.м} = m_k \cdot \Pi_{к.м}, \quad (5.17)$$

где  $m_k$  - масса конструкции, т;

$\Pi_{к.м}$  - цена одной тонны конструкционного материала, руб.

$$C_{к.м} = 0,5 * 40000 = 20000 \text{ руб.}$$

Стоимость конструкционного материала составляет 20000 руб. как для базового, так и проектируемого вариантов.

Расчет затрат на электродную проволоку Св-08ГС и электроды проводим по формуле (5.18).

$$C_{св.пр} = M_{нм} \cdot \Psi \cdot \Pi_{с.п.} \cdot K_{тр}, \text{ руб.} \quad (5.18)$$

где  $M_{нм}$  - масса наплавленного металла, кг;

$\Psi$  - коэффициент разбрызгивания электродного металла (сварка в среде  $CO_2$  характеризуется разбрызгиванием электродного металла, для данного вида сварки = 1,15-1,20);

$\Pi_{с.п.}$  - оптовая цена 1 кг сварочной проволоки, руб.;

$K_{тр}$  - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05... 1,08.

Масса наплавленного металла  $M_{нм}$  рассчитывается по формуле (5.19):

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

$$M_{\text{HM}} = V_{\text{HM}} \cdot P_{\text{HM}} \quad (5.19)$$

где  $V_{\text{HM}}$  - объем наплавленного металла,  $\text{см}^3$ ;

$P_{\text{HM}}$  - плотность наплавленного металла,  $\text{г/см}$  ( $P_{\text{стали}} = 7,8 \text{ г/см}$ ).

Объем наплавленного металла  $V_{\text{HM}}$  рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{HM}} = L_{\text{шв}} \cdot F_{\text{шв}} \quad (5.20)$$

где  $F_{\text{шв}}$  - площадь поперечного сечения наплавленного металла;

$F_{\text{шв}} = 2.31 \text{ см}^2$ ;

$L_{\text{шв}}$  - длина сварного шва;  $L_{\text{шв}} = 800 \text{ см}$ .

$$V_{\text{HM}} = 800 \cdot 2.31 = 1848 \text{ см}^2$$

Расчёт объёма наплавленного металла по формуле (5.19):

$$M_{\text{HM}} = 1848 \cdot 7,8 = 14.414 \text{ кг}$$

Расчет затрат на электродную проволоку и электроды для изготовления одной металлоконструкции по формуле (5.19)

$$C_{\text{св.пр}} = 14.414 \cdot 1,2 \cdot 108 \cdot 1,05 = 1961 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{\text{св.пр}} = 14.414 \cdot 1,2 \cdot 155 \cdot 1,05 = 2815 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет затрат на защитный газ:

$$C_{\text{дп}} = t_{\text{осн}} \cdot q_{\text{зг}} \cdot K_{\text{р}} \cdot Ц_{\text{зг (фл)}} \cdot K_{\text{тр}} \quad (5.21)$$

где  $t_{\text{осн}}$  - время сварки в расчете на одно металлоизделие, мин.;

$q_{\text{зг}}$  - расход флюса, защитного газа,  $\text{кг/мин}$ ;  $\text{л/мин.}$ ;

$K_{\text{р}}$  - коэффициент расхода флюса, газа;  $K_{\text{р}} = 1,1$ ;

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

$\Pi_{зг(фл)}$  - цена газа за один литр, флюса за 1 кг, руб.;

$K_{тр}$  - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05... 1,08.

$$C_{op} = 36 \cdot 11.8 \cdot 1.1 \cdot 40 \cdot 1.05 = 19625 \text{ р. (проектируемый вариант)}$$

Для базового варианта  $C_{op} = 0$ , т.к. в базовом решении не применяется защитный газ и флюс.

Расчёт стоимости основных материалов в расчёте на одно металлоизделие по формуле (5.16):

$$C_{o.m} = (20000 + 1961) \cdot 1.05 = 23060 \text{ р. (базовый вариант)}$$

$$C_{o.m} = (20000 + 2815 + 19625) \cdot 1.05 = 44562 \text{ р. (проектируемый вариант)}$$

Расчет затрат на электроэнергию, расходуемую на выполнение сварочной операции для одного изделия, выполняется по формуле (5.22):

$$З_э = \alpha_э \cdot W \cdot \Pi_э, \text{руб.} \quad (5.22)$$

где  $\alpha_э$  - удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт-ч/кг;

$W$  - расход электроэнергии, кВт-ч;

$\Pi_э$  - цена за 1 кВт-ч;  $\Pi_э = 3,16 \text{ р./кВт-ч}$ .

$$З_э = 7 \cdot 14.414 \cdot 3,16 = 318 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$З_э = 4 \cdot 14.414 \cdot 3,16 = 182 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Материальные затраты ( $M_3$ ) на одно изделие (исключаем затраты на основной конструкционный материал) рассчитываются по формуле (5.15):

$$M_3 = 23060 + 318 = 23378 \text{ руб.}$$

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

$$M_3 = 44562 + 19625 + 182 = 64369 \text{руб.}$$

Расчет численности производственных рабочих. Определяем численность производственных рабочих (сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих  $\text{Ч}_{\text{ОР}}$  определяется для каждой операции по формуле (5.23):

$$\text{Ч}_{\text{ОР}} = \frac{T_{\text{произв.пр}}}{\Phi_{\text{др}} \cdot K_{\text{в}}} \quad (5.23)$$

где:  $T_{\text{произв.пр}}$  - трудоемкость производственной программы, час.;

$\Phi_{\text{др}}$  - действительный фонд времени производственного рабочего ( $\Phi_{\text{др}} = 1870$  час.);

$K_{\text{в}}$  - коэффициент выполнения норм выработки (1,1... 1,3).

$$\text{Ч}_{\text{ОР}} = \frac{2610}{1870 \cdot 1,1} = 1,6 \text{ примем } \text{Ч}_{\text{ОР}} - 2 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$$\text{Ч}_{\text{ОР}} = \frac{600}{1870 \cdot 1,1} = 0,6 \text{ примем } \text{Ч}_{\text{ОР}} = 1 \text{ чел. (проектируемый вариант)}$$

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования. По базовой технологии работает 2 сварщика, по новой измененной технологии работают 1 сварщик.

При поточной организации производства число основных рабочих определяется по числу единиц оборудования с учетом его загрузки, возможного совмещения профессий и планируемых невыходов по уважительным причинам. Исходя из этого, определяем суммарное количество основных рабочих  $\text{Ч}_{\text{ОР}}$ .

## Расчет заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды

Этот раздел предусматривает расчет основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды (социальных взносов), т.е. налоговых выплат, включаемых в себестоимость.

Расходы на оплату труда ( $Z_{\text{пр}}$ ) рассчитываются по формуле (5.24).

$$Z_{\text{пр}} = Z_{\text{по}} + Z_{\text{пд}} \quad (5.24)$$

где:  $Z_{\text{по}}$  - основная заработная плата, руб.;

$Z_{\text{пд}}$  - дополнительная заработная плата, руб.

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих ( $Z_{\text{пр}}$ ) с отчислениями на социальное страхование на изготовление единицы изделия определяется по формуле (5.25).

$$Z_{\text{пр}} = P_{\text{сд}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{сс}} + D_{\text{вр}} \quad (5.25)$$

где:  $P_{\text{сд}}$  - суммарная сдельная расценка за единицу изделия, руб.;

$K_{\text{пр}}$  - коэффициент премирования, (данные предприятия),  $K_{\text{пр}} = 1,5$ ;

$D_{\text{вр}}$  - доплата за вредные условия труда, руб.;

$K_{\text{сс}}$  - коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды (социальный взнос),  $K_{\text{сс}} = 1,3$ ;

$K_{\text{д}}$  - коэффициент, определяющий размер дополнительной заработной платы,  $K_{\text{д}} = 1,2$ .

Тарифная ставка зависит от квалификации сварщика:  $T_{\text{ст}}$  сварщика ручной дуговой сварки - 130 руб./час,  $T_{\text{ст}}$  сварщика автоматической сварки - 160 руб./час.

Рассчитанное  $T_{\text{шт-к}} = 2.6 \text{ ч.} = 156 \text{ мин.}$  (базовый вариант);

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

$$T_{\text{шт-к}} = 0.6 \text{ ч.} = 36 \text{ мин. (проектируемый вариант).}$$

Суммарная сдельная расценка на изготовление единицы изделия ( $P_{\text{сд}}$ ) определяется по формуле:

$$P_{\text{сд}} = \frac{T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60} \quad (5.26)$$

где  $T_{\text{ст}}$  - тарифная ставка, руб./час.;

$T_{\text{шт-к}}$  - штучно-калькуляционное время выполнения сварочных работ в расчете на одно металлоизделие, мин.

$$P_{\text{сд}} = \frac{130 \cdot 156}{60} = 338 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{сд}} = \frac{160 \cdot 36}{60} = 96 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Доплата за вредные условия труда рассчитывается по формуле (5.27)

$$D_{\text{вр}} = \frac{T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{вр}} \cdot (0,1 \dots 0,31)}{100 \cdot 60} \quad (5.27)$$

где  $D_{\text{вр}}$  - доплата за вредные условия труда, руб.;

$T_{\text{ст}}$  - тарифная месячная ставка, руб.

$T_{\text{вр}}$  - время работы во вредных условиях труда, мин.  $T_{\text{вр}} = T_{\text{шт-к}} \cdot (0,1 \dots 0,31)$ , мин.;

$$D_{\text{вр}} = \frac{130 \cdot 156 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0.8 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$D_{\text{вр}} = \frac{160 \cdot 36 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0.2 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Расчёт основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих по формуле (5.25):

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$З_{пр} = 338 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 0,8 = 792 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$З_{пр} = 96 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 0,2 = 225 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Рассчитываем дополнительную заработную плату производственных рабочих при базовом и проектируемом варианте технологии изготовления металлоконструкции по формуле (5.28):

$$З_{пд} = K_d \cdot З_{по} \cdot K_{cc} \quad (5.28)$$

где  $З_{пд}$  - выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное на производстве время, руб.;

$З_{по}$  - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$K_d$  - коэффициент дополнительной заработной платы.  $K_d = 1,13$ ;

$K_{cc}$  - коэффициент, учитывающий отчисления на социальные взносы.  
 $K_{cc} = 1,3$ .

$$З_{пд} = 1,13 \cdot 792 \cdot 1,3 = 1164 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$З_{пд} = 1,13 \cdot 225 \cdot 1,3 = 331 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Расходы на заработную плату основных рабочих при базовом и проектируемом варианте изготовления одного изделия, рассчитываются по формуле (5.24):

$$З_{пр} = 792 + 1164 = 1956 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$З_{пр} = 225 + 331 = 556 \text{ руб. (проектный вариант).}$$

Приведем расчетные данные технологической себестоимости  $C_T$  изготовления годового объема выпуска металлоконструкций ( $N = 1000$  шт.) в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 - Данные для расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска металлоконструкций

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на основные материалы, $C_{o.m}$ , руб.	23060000	44562000
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), $C_{эн}$ , руб.	318000	182000
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), $З_{пр}$ , руб.	1956000	556000
Технологическая себестоимость годового выпуска, $C_T$ руб.	25334000	45300000

### 5.2.2 Расчет полной себестоимости изделия

Перед расчетом полной себестоимости изготовления металлоконструкции рассчитывается технологическая, а затем производственная себестоимость изготовления одной металлоконструкции.

Производственная себестоимость ( $C_{пр}$ , руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством. Расчет ( $C_{пр}$ ) проводят по формуле (5.29):

$$C_{пр} = C_T + P_{пр} + P_{хоз} \quad (5.29)$$

где  $C_T$  - технологическая себестоимость, руб.;

$P_{пр}$  - общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.;

$P_{хоз}$  - общехозяйственные расходы, руб.

Общепроизводственные расходы определяются по формуле (5.30):

$$P_{пр} = C_A + C_p + P_{пр} \quad (5.30)$$

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72



Где  $C_A$  - затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$C_p$  - на ремонт и техническое обслуживание оборудования, руб.;

$P_{пр}$  - расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

В статью «Общепроизводственные расходы» ( $P_{пр}$ , руб.) включаются расходы на:

- оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, вспомогательных рабочих;
- амортизацию оборудования;
- ремонт основных средств;
- охрану труда работников;
- содержание и эксплуатацию оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываем по формуле (5.31):

$$C_A = \frac{K_{об} \cdot N_A \cdot n_0 \cdot T_{шт-к}}{100 \cdot \Phi_d \cdot K_v} \cdot K_0 \quad (5.31)$$

где  $K_{об}$  - балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

$N_A$  - норма годовых амортизационных отчислений, %; для механизированной сварки  $N_A = 14,7$  %;

$\Phi_d$  - действительный эффективный годовой фонд времени работы оборудования, час.  $\Phi_d = 1914$  час.;

$T_{шт-к}$  - штучно-калькуляционное время на выполнение сварочной операции, час.;

$K_0$  - коэффициент загрузки оборудования,  $K_0 = 0,9$ ;

$n_0$  - количество оборудования, шт.;

$K_v$  - коэффициент, учитывающий выполнение норм времени,  $K_v = 1,1$ .

Затраты на амортизацию при базовом и проектируемом варианте изготовления металлоконструкции, приходящиеся на одно изделие по формуле (5.31):

$$C_A = \frac{200000 \cdot 14.7 \cdot 2 \cdot 2.6}{100 \cdot 1914 \cdot 1.1} \cdot 0.9 = 6.5 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_A = \frac{570000 \cdot 14.7 \cdot 1 \cdot 0.6}{100 \cdot 1914 \cdot 1.1} \cdot 0.9 = 22 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования рассчитываем по формуле (5.32):

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot D}{100} \quad (5.32)$$

где  $K_{об}$  - капитальные вложения в оборудование и техоснастку, руб;  
 $D$  - принимается равным 3 %.

$$C_p = \frac{1344000 \cdot 3}{100} = 40320 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

Расходы на ремонт и техническое обслуживание оборудования на производственную программу составляют 40320 руб или 40,32 руб в расчете на одно металлоизделие.

$$C_p = \frac{5806080 \cdot 3}{100} = 174182,4 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Расходы на ремонт и техническое обслуживание оборудования на производственную программу составляют 174182,4 руб или 174,18 руб в расчете на одно изделие.

Расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение) определяются формуле (5.33):

$$P_{\text{пр}} = \frac{\%P_{\text{пр}} \cdot Z_{\text{по}}}{100} \quad (5.33)$$

где  $Z_{\text{по}}$  - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{\text{пр}}$  - процент общепроизводственных расходов на содержание производственных помещений и прочих цеховых расходов, %.  $P_{\text{пр}} = 10$ .

$$P_{\text{пр}} = \frac{1956000 \cdot 10}{100} = 195600 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{пр}} = \frac{556000 \cdot 10}{100} = 55600 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Общепроизводственные расходы определяются по формуле (5.30):

$$P_{\text{пр}} = 6500 + 40320 + 195600 = 242420 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{пр}} = 22000 + 174182,4 + 55600 = 251782 \text{ руб. (проект. вариант).}$$

В статью «Общехозяйственные расходы» ( $P_{\text{хоз}}$ , руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация; расходы на ремонт и эксплуатацию основных средств, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, на охрану, сигнализацию, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.

Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле (5.34).

$$P_{\text{хоз}} = \frac{\%P_{\text{хоз}} \cdot Z_{\text{по}}}{100} \quad (5.34)$$

Где  $Z_{\text{по}}$  - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{\text{хоз}}$  - процент общехозяйственных расходов, %.

$\%P_{\text{хоз}} = 25$ .

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Расчет общехозяйственных расходов( $P_{\text{хоз}}$ ) при изготовлении одной металлоконструкции:

$$P_{\text{хоз}} = \frac{25 \cdot 1965}{100} = 489 \text{руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{хоз}} = \frac{25 \cdot 556}{100} = 139 \text{руб. (проектируемый вариант).}$$

Производственная себестоимость годового выпуска металлоконструкций при базовом и проектируемом варианте технологии, ( $C_{\text{пр}}$ ) рассчитывается по формуле (5.29):

$$C_{\text{пр}} = 25334000 + 242420 + 489 = 25576909 \text{руб. (базовый вариант);}$$

$$C_{\text{пр}} = 45300000 + 251782 + 139 = 45551782 \text{руб. (проект.вариант).}$$

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» ( $P_{\text{к}}$ , руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расходы рассчитываются по формуле (5.35):

$$P_{\text{к}} = \frac{\%P_{\text{к}} \cdot C_{\text{пр}}}{100} \quad (5.35)$$

где  $\%P_{\text{к}}$  - процент коммерческих расходов от производственной себестоимости,  $\%P_{\text{к}}$  - 0,1-0,5%.

$$P_{\text{к}} = \frac{0,2 \cdot 25576909}{100} = 51154 \text{руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{к}} = \frac{0,2 \cdot 45551782}{100} = 91104 \text{руб. (проектируемый вариант).}$$

Полная себестоимость годового объема выпуска металлоконструкций ( $C_{\text{п}}$ ) включает затраты на производство ( $C_{\text{пр}}$ ) и коммерческие расходы ( $P_{\text{к}}$ ) и рассчитывается по формуле (5.36):

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Расчет полной себестоимости изготовления металлоконструкций,  
( $C_{\Pi}$ ) производим по формуле (5.36):

$$C_{\Pi} = C_{\text{пр}} + P_{\text{к}} \quad (5.36)$$

$C_{\Pi} = 25576909 + 51154 = 25628063$ руб. (базовый вариант);

$C_{\Pi} = 45551782 + 91104 = 45642886$ руб. (проект.вариант).

Результаты расчетов заносим в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 - Калькуляция полной себестоимости годового выпуска изготавливаемых металлоконструкций по сравниваемым вариантам

Наименование статей калькуляции	Значение, руб.		Отклонения, руб.
	Базовый вариант	Проектируемый вариант	
Объем годового выпуска продукции, N, шт.	1000	1000	0
Материальные затраты, $M_3$	23378	64369	40991
Заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды, $Z_{\text{пр}}$	1956000	556000	-1400000
Технологическая себестоимость $C_{\text{т}}$ , руб.	25334000	45300000	19966000
Общепроизводственные расходы, $P_{\text{пр}}$	242420	251782	9362
Общехозяйственные расходы, $P_{\text{хоз}}$	489	139	-353
Производственная себестоимость, $C_{\text{пр}}$	25576909	45551782	19974873
Коммерческие расходы, $P_{\text{к}}$	51154	91104	39950
Полная себестоимость, $C_{\Pi}$	25628063	45642886	20014823

### 5.3 Расчет основных показателей сравнительной эффективности

Расчет основных показателей сравнительной эффективности проводим, как случай проектирования конструкторско-технологических усовершенствований, обеспечивающих выполнение сварочных работ для металлоконструкций, используемых в качестве товарной продукции, т.е. - реализуемой на сторону.

Годовой выпуск продукции (коробчатая балка) составляет 1000 шт.

Годовая экономия (-) или превышение (+) по технологической себестоимости,  $\Delta C$  рассчитывается по формуле (5.37):

$$\Delta C = (C_{T1} - C_{T2}) * N, \quad (5.37)$$

где  $C_{T1}, C_{T2}$  - технологическая себестоимость годового объема выпуска детали по сравниваемым вариантам (1 - базовый вариант; 2 - проектируемый вариант), руб.;

$N$  - годовой объем выпуска металлоизделий, шт.

Годовая экономия по технологической себестоимости определяется в соответствии с формулой (5.37):

$$\Delta C = (45300000 - 25334000) * 1000 = 19966 \text{ т.руб.}$$

Технологическая себестоимость в проектируемом варианте превышает технологической себестоимости в базовом варианте за счет расходов на вспомогательные материалы.

Прибыль от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам, ( $\Pi$ ), руб. рассчитываем по формуле (5.38):

$$\Pi = B - C_{\Pi} \quad (5.38)$$

где В - выручка от реализации продукции;

$C_{\Pi}$  - полная себестоимость.

Рассчитаем отпускную цену металлоизделия по формуле (5.39):

$$\Pi = C_{\Pi} * K_p \quad (5.39)$$

где  $C_{\Pi}$  - полная себестоимость металлоизделия, руб./шт.;

$K_p$  - среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции.

Среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции,  $K_p$ , определяющий среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающий изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации принимаем равным соответственно в базовом варианте - 1,3; в проектируемом - 1,5.

$$\Pi_1 = 25628063 \cdot 1,3 = 33316482 \text{руб.}$$

$$\Pi_2 = 45642886 \cdot 1,5 = 68464329 \text{руб.}$$

Расчёт выручки от реализации годового объема металлоизделий, (В) по формуле (5.40):

$$B = \Pi * N \quad (5.40)$$

$$B_1 = 33316482 \cdot 1000 = 33316482000 \text{руб.}$$

$$B_2 = 68464329 \cdot 1000 = 68464329000 \text{руб.}$$

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой (5.38) по базовому и проектируемому вариантам будет равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий.

$$\Pi_1 = 33316482000 - 25628063 = 33290853937 \text{руб.}$$

$$\Pi_2 = 68464329000 - 45642886 = 68418686114 \text{руб.}$$

Изменение (прирост, уменьшение) прибыли  $\Delta C$  в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым рассчитывается по формуле (5.41):

$$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1 \quad (5.41)$$

$$\Delta\Pi = 68418686114 - 33290853937 = 35127832177 \text{руб.}$$

Определение точки безубыточности (критического объема выпуска металлоконструкций,  $N_{кр}$ ) проводим по формуле (5.42) по базовому и проектируемому вариантам:

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{Ц - C_{пер}} \quad (5.42)$$

где  $N_{кр}$  - критический объем выпуска продукции, металлоизделий в расчете на год;

$C_{пост}$  - постоянные затраты (полная себестоимость годовой производственной программы выпуска металлоизделий,  $C_{п}$ , за вычетом технологической себестоимости в расчете на годовую программу выпуска,  $C_{т}$ );

$Ц$  - отпускная цена металлоконструкции, руб./изделие;

$C_{пер}$  - переменные затраты, включающие технологическую себестоимость единицы изделия, руб./изделие.

$$C_{пост} = C_{п} - C_{т} \quad (5.43)$$

$$C_{пост} 1 = 25628063 - 25334000 = 294063$$

$$C_{пост} 2 = 45642886 - 45300000 = 342886$$

$$N_{кр} 1 = \frac{294063}{33316482 - 25334} = 88 \text{шт.}$$

$$N_{кр} 2 = \frac{342886}{68464329 - 45300} = 5 \text{шт.}$$

Расчет рентабельности продукции, ( $R$ ) проводим по формуле (5.44):



$$R = \frac{\Pi}{C_{\Pi}} \quad (5.44)$$

$$R1 = \frac{33290853937}{25628063} * 100 = 1299\%$$

$$R2 = \frac{68418686114}{45642886} * 100 = 1499\%$$

Расчет производительности труда (выработка в расчете на 1 производственного рабочего (в базовых ценах), тыс. руб./чел.), ( $\Pi_{\text{тр}}$ ) производим по формуле (5.45) соответственно по базовому и проектируемому вариантам:

$$\Pi_{\text{тр}} = \frac{B}{\text{Ч}_{\text{ор}}} \quad (5.45)$$

Где  $B$  - выручка от реализации годового объема металлоизделий, руб.;

$\text{Ч}_{\text{ор}}$  - численность производственных рабочих, чел.

$$\Pi_{\text{тр}1} = \frac{33316482000}{2} = 16658241000 \text{руб./чел.} = 16658241 \text{ тыс. руб./чел.}$$

$$\Pi_{\text{тр}1} = \frac{68464329000}{1} = 68464329000 \text{ руб./чел.} = 68464329 \text{ тыс. руб./чел.}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений,  $T_{\text{ок}}$  производится по формуле (5.46):

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K_{\text{д}}}{\Delta \Pi} \quad (5.46)$$

где  $\Delta K_{\text{д}}$  - дополнительные капитальные вложения, руб.;

$\Delta \Pi$  - изменение (прирост, уменьшение) прибыли в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым, руб.

$$T_{\text{ок}} = \frac{20722435}{51806088} = 0.4 \text{года}$$

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Сгруппированные результирующие показатели экономической эффективности представлены в виде таблицы 5.5:

Таблица 5.5 – Показатели экономической эффективности

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+/-)
			Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	2	3	4	5	6
1	Годовой выпуск продукции, N	шт.	1000	1000	0
2	Выручка от реализации годового выпуска продукции, В	руб.	33316482000	68464329000	35147847000
3	Капитальные вложения, К	руб.	1344000	20722435	19378435
4	Технологическая себестоимость металлоизделия, С <sub>т</sub>	руб.	25334000	45300000	19966000
5	Полная себестоимость годового объема выпуска металлоизделий, С <sub>п</sub>	руб.	25628063	45642886	20014823
6	Прибыль от реализации годового объема выпуска, П	руб.	33290853937	68418686114	35127832177
7	Численность производственных рабочих, Ч	чел.	2	1	1
8	Производительность (выработка в расчете на 1 производственного рабочего, в базовых ценах), П <sub>тр</sub>	тыс. руб./чел.	16658241	68464329	51806088
9	Рентабельность продукции, R	%	1299	1499	200
10	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений (Т <sub>ок</sub> )	Лет		0,4	
11	Точка безубыточности (критический объем выпуска)	шт.	88	5	83

Вывод: Предложенный в проекте технологический способ сварки металлоизделия эффективен, как в сфере эксплуатации за счет повышения скорости изготовления изделия, так и за счет снижения влияющих на себестоимость издержек.

В сфере производства изделия экономия по себестоимости обеспечена за счет сокращения доли общепроизводственных и общехозяйственных расходов в удельной себестоимости металлоизделия, поскольку эти затраты, оставаясь неизменными в целом по предприятию, списываются на себестоимость изделий пропорционально заработной плате производственных рабочих, численность которых в проектируемом варианте сократилась на 1 человека.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

## 6 Методический раздел

Совершенствование и развитие материально-вещественных факторов производства и, прежде всего разработка, внедрение и освоение новых технологий требует систематического повышения как общего культурно-технического и профессионального уровня работников, так и повышения квалификации в пределах конкретных трудовых функций. В таком повышении заинтересованы и предприятия, и сами работники, поскольку требования к качеству рабочей силы постоянно повышается.

Актуальность данной темы заключается в том, что современное производство предъявляет высокие требования к рабочим кадрам и системе подготовки, переподготовки и повышение квалификации. В ходе научно-технического прогресса одни профессии исчезают, другие появляются. Уплотняется трудовой ритм, меняются технические средства. Все это порождает необходимость в новых формах подготовки, переподготовки и повышение квалификации рабочих кадров.

Актуальность темы подтверждается тем, что в современных условиях подготовке, переподготовке и повышению квалификации кадров предается большое значение, как на официальном уровне, так и на уровне отдельных фирм.

Техническая политика, проводимая на предприятии, обеспечивает постоянное совершенствование технологических процессов повышение качества продукции. Поэтому руководство предприятия уделяет большое внимание работе с персоналом, как в плане социального обеспечения, так и обучение, повышения квалификации и переподготовки кадров.

Целью методической части дипломного проекта является разработка программы переподготовки рабочих 4-го разрядов по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах»

Объект исследования – профессиональная переподготовка квалифицированных рабочих в рамках предприятия.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Предмет исследования – формирование профессиональных компетенций в процессе производственного обучения.

Для успешного достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать квалификационные характеристики по профессиям: “Электросварщик ручной дуговой сварки” и “Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах”.
2. Провести сравнение квалификаций. Изучить организации системы производственного обучения, применяемые в России.
3. Разработать учебный план переподготовки электросварщиков ручной дуговой сварки на электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах, тематический план и план-конспект урока.

#### **6.1 Анализ квалификационных характеристик по профессиям: “Электросварщик ручной дуговой сварки” и “Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах”.**

Характеристика работ электросварщика ручной дуговой сварки:

- Ручная дуговая и плазменная сварка средней сложности деталей аппаратов, узлов, конструкций и трубопроводов из конструкционных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов и сложных деталей, узлов, конструкций и трубопроводов из углеродистых сталей во всех пространственных положениях сварного шва.
- Ручная кислородная резка (строгание) сложных деталей из высокоуглеродистых, специальных сталей, чугуна и цветных металлов, сварка конструкций из чугуна.
- Наплавление нагретых баллонов и труб, дефектов деталей машин, механизмов и конструкций.
- Наплавление сложных деталей, узлов и сложных инструментов.

- Чтение чертежей сложных сварных металлоконструкций.

Электросварщика ручной сварки должен знать: устройство различной электросварочной аппаратуры; особенности сварки и дуговой резки на переменном и постоянном токе; технологию сварки изделий в камерах с контролируемой атмосферой; основы электротехники в пределах выполняемой работы; способы испытания сварных швов; виды дефектов в сварных швах и методы их предупреждения и устранения; принципы подбора режима сварки по приборам; марки и типы электродов; механические свойства свариваемых металлов.

Характеристика работ электросварщика на автоматических и полуавтоматических машинах:

- Автоматическая и механизированная сварка с использованием плазмотрона сложных аппаратов, узлов, конструкций и трубопроводов из углеродистых и конструкционных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов.
- Автоматическая сварка сложных строительных и технологических конструкций, работающих в сложных условиях. Автоматическая сварка в среде защитных газов неплавящимся электродом горячекатаных полос из цветных металлов и сплавов под руководством электросварщика более высокой квалификации.
- Наплавление дефектов деталей машин, механизмов и конструкций.
- Наплавление сложных узлов, деталей и инструментов. Чтение чертежей сложных сварных металлоконструкций.

Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах должен знать: устройство различных сварочных автоматов, полуавтоматов, плазмотронов и источников питания; основы электротехники в пределах выполняемой работы; способы испытания сварных швов; марки и типы сварочных материалов; виды дефектов в сварных швах и методы их предупреждения и устранения; влияние режимов сварки на геометрию сварного шва; механические свойства свариваемых металлов.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

## 6.2 Учебный план программы переподготовки рабочих

Разработаем тематический план программы переподготовки рабочих по профессии “Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах” четвёртого разряда, с условием, что обучаемые имеют профессию “Электросварщик ручной дуговой сварки” четвёртого разряда по данной профессии. Учебный план представлен в таблице 6.1:

Таблица 6.1 - Учебный план программы переподготовки рабочих

№	Предметы	Количество часов
<b>Теоретическое обучение</b>		
1	Электротехника	25
2	Материаловедение	28
3	Порядок наложения швов и режимы сварки	16
4	ККС	26
5	Технология автоматической и механизированной сварки в среде защитного газа	23
6	Оборудование и источники питания для механизированной сварки	20
<b>Производственное обучение</b>		
7	Выполнение работ по полуавтоматической и механизированной дуговой сварке и наплавке	222
8	Квалификационный экзамен	8
	<b>Итого</b>	<b>368</b>

Главной задачей решаемой в переподготовке сварщиков, является получение обучаемыми знаний технологии механизированной сварки в среде защитного газа.

Обучение по программе заканчивается итоговой аттестацией на квалификационный разряд, где обучающиеся выполняют письменную экзаменационную работу и практические работы по выполнению механизированной сварке в среде защитного газа.

### 6.3 Разработка урока теоретического обучения

Рассмотрим предмет «Оборудование и источники питания для механизированной сварки», которая изучается 20 часов.

Эта тема может быть разделена 5 уроков по 4 часа. При перспективно-тематическом планировании тему можно разделить на следующие пять подтем:

Урок 1. Тема: «Сущность механизированной сварки». 4 часа

Урок 2. Тема: «Оборудование для механизированной сварки». 4 часа

Урок 3. Тема: «Наладка и настройка сварочных автоматов». 4 часа

Урок 4. Тема: «Поддержание параметров сварки». 4 часа

Урок 5. Тема: «Сварочные материалы для сварочных полуавтоматов». 4 часа

Тема программы: «Оборудование и источники питания для механизированной сварки».

Тема урока: «Оборудование для механизированной сварки».

Цели урока:

*Образовательная:* сформировать понятие об основных видах оборудования для механизированной сварки в среде защитных газов их назначении; обозначить область применения сварочных полуавтоматов.

*Воспитательная:* воспитывать ответственность к своей профессии; воспитать бережное отношение к оборудованию.

*Развивающая:* развивать умение учащихся расчленять изучаемый объект на составные части, выделять отдельные существенные его стороны, переходить от конкретного к абстрактному, устанавливать связи причины и следствия; проводить синтез.



Тип урока: урок новых знаний.

Применяемые методы: словесные методы (дискуссия, лекция); работу с учебником (конспектирование), метод проблемного изложения, методы контроля и самоконтроля.

Средства обучения:

Материальные -аудитория, план-конспект, наглядные пособия, доска, парты, плакат

#### 6.4 План-конспект урока производственного обучения

Таблица 6.2 - План -конспект урока по теме: "Оборудование для механизированной сварки "

Этапы (время)	Содержание этапа	Методы организации учебных действий
1	2	3
<b>I. Организационная часть:</b>  (5 мин)	Здравствуйте уважаемые учащиеся займите свои места и подготовьтесь к уроку. Проверим наличие присутствующих на сегодняшнем занятии. Сегодня мы проведем урок теоретического обучения по теме“ Оборудование для механизированной сварки”. Сейчас мы с вами проверим присутствующих. 1.1. Контроль посещаемости. 1.2. Ход занятия включает в себя работу по наглядным пособиям, которые я вам сейчас раздам (см..метод плакат).	Взаимное приветствие педагога и учащихся, проверка отсутствующих, (воспитание дисциплины; строгий голос, но в то же время доброжелательный настрой педагога и учащихся). Методы подготовки к восприятию учебного материала.
<b>II. Сообщение целей урока и актуальности данной темы.</b>  (25 мин)	Запишем тему: " Оборудование для механизированной сварки ".  Цель урока - знакомство с основными видами оборудования для механизированной сварки в среде защитного газа, и его назначением;  Акцентируем внимание на актуальности данной темы:  Актуальность механизации процессов	Методы формирования познавательного интереса. Пробудить у учащихся интерес, к теме урока. Записать тему на доске.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

**ДП 44.03.04.172 ПЗ**

Лист

89

	<p>на производстве не подлежит оспариванию в определённых видах работ, таких как: постройка мостовых конструкций, серийное производство, ведь к ним предъявляются максимально завышенные требования. Механизация сварочных процессов даёт возможность проводить сварные соединения в соответствии с заданными параметрами, что практически полностью исключает возникновение каких-либо дефектов.</p> <p>Автоматизация и механизация процесса дуговой электросварки может быть признана одной из важнейших задач современной сварочной техники. Ручная дуговая сварка слишком трудоемка, требует большого количества квалифицированных кадров, сравнительно дорога, и, естественно, не может обеспечить однородность продукции, а так как последующий контроль качества сварки затруднителен, недостаточно надежен и не всегда выполним, то доверие к качеству сварки снижается и заведомо уменьшаются допускаемые напряжения для сварных швов.</p> <p>В механизации дуговой электросварки за последние годы достигнуты такие успехи, что уже сейчас этот процесс по степени механизации основных операций может считаться одним из наиболее передовых и прогрессивных технологических процессов металлообработки. После того как вы осознали важность темы, перейдём к её изучению.</p>	<p>Рассказать о важности данной темы для обучающихся.</p>				
<p>III. (125 мин)</p>	<p>Самым распространенным способом сварки и наплавки является дуговая сварка и наплавка. Сварка (наплавка) может выполняться без внешней защиты дуги, под флюсом и в среде защитных газов.</p> <p>Сварка (наплавка) без внешней защиты дуги и в среде защитных газов может быть ручной, механизированной и автоматической, а сварка под флюсом — механизированной и автоматической. Различаются эти способы лишь степенью механизации отдельных операций.</p> <p>Автоматы для дуговой сварки плавящимся электродом осуществляют зажигание дуги, подачу электродной проволоки, флюса или защитного газа в зону дуги, управление процессом сварки в рабочем режиме, перемещение сварочного аппарата и окончание процесса сварки. Автоматы конструктивно выполнены с учетом быстрого реагирования на колебания напряжения питающей электрической сети, изменение скорости подачи электродной проволоки и т. п.</p>	<p>Объясняю основные функции, которые выполняет аппарат для дуговой сварки. Ученики записывают.</p>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.172 ПЗ	Лист
						90

*Автоматы для дуговой сварки плавящимся электродом классифицируют по следующим признакам:*

- Способу защиты зоны дуги (автоматы для сварки:Ф — под флюсом, Г — в защитных газах, ФГ — в защитных газах и под флюсом);
- Роду применяемого сварочного тока (для сварки постоянным, переменным, переменным и постоянным током);
- Способу охлаждения (с естественным охлаждением токопроводящей части сварочной головки и сопла, с принудительным охлаждением — водяным или газовым);
- Способу регулирования скорости подачи электродной проволоки (с плавным регулированием, с плавно-ступенчатым, со ступенчатым);
- Способу регулирования скорости сварки (с плавным, плавно-ступенчатым и ступенчатым регулированием);
- Способу подачи электродной проволоки (с независимой и с зависимой от напряжения на дуге подачи);
- Конструктивному выполнению (сварочные тракторы, самоходные и подвесные сварочные головки, установки для механизированной сварки).

В состав сварочной установки, станка (стана) входят: сварочный аппарат, источник питания, аппаратура управления и регулирования процесса сварки, механизмы (устройства) для крепления и передвижения в заданном направлении сварочных аппаратов, для установки, крепления, перемещения и изменения ориентации свариваемого изделия, а также вспомогательное оборудование.

Четкое разграничение в определениях сварочной установки и сварочного станка отсутствует. Станком называют комплекс перечисленного оборудования, основные части которого объединены станиной. Станами обычно называют установки для сварки крупных изделий в массовом производстве (трубосварочные и картосварочные станы).

#### **Рассмотрим пример сварочной коретки.**

Сварочная коретка представляет собой механическое устройство для механизации процесса сварки в среде защитных газов. Главным преимуществом сварочной коретки является ее мобильность, малые размеры (в отличие от автоматических тракторов), возможность устанавливать амплитуду колебательных движений гусака (если это нужно), так же коретка может

Рассказываю что такое сварочная коретка, из чего она состоит, с каким гусаком используется.

перемещаться во всех пространственных положениях с помощью дополнительных направляющих и магнитных колес.

Сварочная каретка состоит из блока управления, который представляет собой металлическую коробочку, в которой находится электронная «начинка», на лицевой части коробочки есть дисплей, который показывает скорость движения каретки, сварочный ток, напряжение, вид колебательного движения, также на лицевой панели есть тумблеры включения режима непрерывной и прерывистой сварки, кнопка пуск, переключение направления движения. У каретки есть основа, на которой закреплены магнитные колеса и мотор которым каретка приводится в движение, так же есть ручка, с помощью которой каретку можно удобно переносить в руках.

Так как она легкая и ее можно быстро перенести и перенастроить для другого изделия и сварочного соединения, это незаменимое приспособления для механизированной сварки на производстве, которое стремится к высокой производительности и качеству своих изделий. Магнитными колесами оснащены коретки всех видов и моделей, от самых простых, для непрерывистых горизонтальных швов, без блока колебательных движений гусака до самых продвинутых кореток, которые способны производить как прерывистые, так и не прерывистые сварные швы в любых пространственных положениях, в комплект которых входит блок колебательного движения гусака.

Нужно заметить что со всеми коретками используются только прямые гусаки, так разработано крепление гусака на коретке так как при изогнутом гусаке во время колебательных движений или при перемещении коретки вдоль сварного шва может быть нарушено направление сварки.

Сварочная горелка должна быть совместима с кореткой так как она подключается специальными разъемами, чтобы блок управления кареткой, мог считывать информацию от источника питания и корректировать показания сварочного тока во время сварки, а так же скорость подачи проволоки и напряжение на сварочной дуге.

**Порядок работы сварочной каретки следующий:** включают сварочный инвертор и блок управления кареткой; прежде всего нужно проверить правильность подключения сварочной горелки к инвертору и к коретке, убедив-

Объясняю порядок подключения, настройку каретки и режима сварки.

	<p>шись что все разъемы подключены правильно, после чего, установив горелку в каретку, включить демо режим, чтобы убедиться в совместимости коретки и сварочной горелки. Адаптация происходит автоматически с помощью блока управления кореткой, тем самым убеждаемся, что все подключено правильно. Затем настраиваем нужный режим сварки на инверторном аппарате, настраиваем вылет проволоки, визуально производим осмотр сварного соединения (если на изделии есть брызги металла от прихваток или грязь удаляем их), устанавливаем сварочную каретку с закрепленной в ней горелкой на сварное соединение, убеждаемся что вся техника безопасности соблюдена, после чего запускаем каретку, нажимая на кнопку пуск.</p>	
<p><b>IV. Первичное закрепление нового материала</b></p> <p>(20 мин)</p>	<p>Озвучиваю задание, после чего объясняю смысл работы: необходимо написать из чего состоит сварочная коретка, почему используется только прямой гусак, описать порядок работы с подключением каретки.</p>	<p>Устно выдаю задание, время на подготовку 15 мин</p>
<p><b>V. Заключительный этап</b></p> <p>(15мин)</p>	<p>Краткий повтор пройденного материала проводится в виде вопросов, которые задаю уже конкретным учащимся. В ходе ответов корректирую их или указываю на допущенные ошибки.</p> <p>1. Назовите по каким признакам классифицируют автоматы для дуговой сварки плавящимся электродом.</p> <p>2. Назовите правильный порядок работы на сварочном автомате.</p> <p>Домашнее задание: изучить конспект лекций.</p>	<p>Преподаватель сообщает результаты проверки задания. Вопросно-ответный метод. Подведение итогов. Домашнее задание.</p>

Вывод:

В условиях непрерывного усложнения конструкций, роста объем сварочных работ, роста технического уровня производства, введения в эксплуатацию сложного сварочного оборудования возникают проблемы, связанные с повышением требований к уровню подготовки кадров, работающих в области сварочного производства. На предприятиях в основном производится переподготовка и повышение квалификации рабочих кадров. Основной формой организации учебного процесса в рамках предприятия является урок.

В рамках методической части на основе анализа квалификационных требований к профессиям разработаны: учебный и тематический планы переподготовки электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах. Разработан план-конспект урока по теме: "Оборудование для автоматической сварки ", плакат "сварочная каретка".

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В начале работы над дипломным проектом была поставлена задача разработать технологию производства коробчатой балки с более высоким уровнем механизации и автоматизации по сравнению с базовым вариантом изготовления вручную.

В настоящем дипломном проекте разработана технология сборки-сварки коробчатой балки, заменяющая ручную дуговую сварку на механизированную сварку в среде защитного газа, подобрано оборудование для сборки и механизированной сварки в среде защитного газа коробчатой балки, подобраны сварочные материалы и рассчитаны режимы сварки для проектируемого варианта.

В экономической части дипломного проекта произведена оценка экономической эффективности от внедрения проектируемого варианта производства. Предложенный в проекте технологический способ сварки металлоизделия является экономически эффективным за счет повышения производительности и более быстрой сварки коробчатой балки.

В методической части дипломного проекта был проанализирован единый тарифно-квалификационный справочник работ по профессиям: “Электросварщиков ручной сварки” 4-го разряда и “Электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах” 5-го разряда. Разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии “Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах” на основании анализа квалификационной характеристики. Разработан тематический план и план конспект урока по теме "Оборудование для механизированной сварки".

Подводя итог работы над дипломным проектом можно сделать о том, что выбранное оборудование и разработанная технология сборки и сварки коробчатой балки позволяет повысить производительность труда, снизить трудоёмкость процесса изготовления изделия и обеспечить снижение себестоимости изготовления.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гитлевич А.Д., Животинский Л.А., Клейнер А.И. «Альбом механического оборудования сварочного производства». М., «Высшая школа», 1974. – 126 с., ил.
2. Гитлевич А.Д., Этингер Л.А. «Механизация и автоматизация сварочного производства». 2-е изд., переработ. – М.: «Машиностроение», 1979. – 280 с., ил.
3. Акулов, А.И. Сварка в машиностроении: Т2 / А.И. Акулов. – М.: Машиностроение, 1978. - 198 с.
4. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, Г. А. Бельчук, А. П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. – 336 с.
5. Овчинников В.В. Оборудование, механизация и автоматизация сварочных процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с
6. ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
7. Марочник сталей и сплавов. 4-е изд., переработ. и доп. / Ю.Г. Драгунов, М28 А.С. Зубченко, Ю.В. Каширский и др. Под общей ред. Ю.Г. Драгунова и А.С. Зубченко – М.: 2014. 263 с.: илл.
8. Сварочные материалы для дуговой сварки : справочное пособие : в 2 т. Т. 1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б. П. Конищев [и др.] ; под общ. ред. Н. Н. Потапова. - М.: Машиностроение, 1989. – 221 с.: ил.
9. Теория сварочных процессов: учебник для вузов / А. В. Коновалов, А. С. Куркин, Э. Л. Макаров [и др.]; под ред. В. М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ, 2007. - 313 с.
10. Чернилевский, Д.В. Технология обучения: учебное пособие / Д. В. Чернилевский, О. К. Филатов; под ред. В. Д. Чернилевского. – М.: Эксперт, 2006. – 218 с.

					<b>ДП 44.03.04.172 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96



11. Эрганова Н.Е. Методика профессионального обучения: учебное пособие. /Н.Е.Эрганова. – Екатеринбург: Изд-во РГППУ, 2004. – 54 с.

12. Колесникова, И. А. Педагогическое проектирование / И. А. Колесникова, М. П. Горчакова-Сибирская. – М.: Академия, 2007. – 98 с.

13. Козловский С.Н. Введение в сварочные технологии /С.Н.Козловский [Электронный ресурс]: СПб.: Лань, 2011. – 237 с. Режим доступа <http://e.lanbook.com/books/> (дата обращения 14.05.2016).

14. Климов, А.С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке: учебное пособие [Электронный ресурс] / А.С. Климов, Н.Е. Машнин. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2011. – 130 с.: ил. <http://e.lanbook.com/books/> (Дата обращения 22.05.2016).

15. Алешин, Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.П. Алешин. – М.: Машиностроение, 2006. – 287 с.: ил. Режим доступа <http://e.lanbook.com/books/> (Дата обращения 23.05.2016).

16. Методические указания для выполнения экономического раздела выпускных квалификационных работ. Екатеринбург, ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2015. 23 с.

17. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих (ЕТКС). Часть №1 выпуска №2 ЕТКС. Раздел ЕТКС «Сварочные работы», 2014.

**ПЕРЕЧЕНЬ ГРАФИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ**

Наименование документа	Обозначение документа	Формат
Коробчатая балка	ДП 44.03.04.172.01	A3
Коробчатая балка Сборочный чертеж	ДП 44.03.04.172.02	A3
Установка для сварки продольных швов	ДП 44.03.04.172.03	A1
Технологическая схема изготовления коробчатой балки	ДП 44.03.04.172.04	A1
Экономический плакат	ДП 44.03.04.172.05	A1
Методический плакат	ДП 44.03.04.172.06	A1